

Aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin
der Freien Universität Berlin

Direktor: Professor Dr. med. Walter K r a u l a n d

ZUR DIAGNOSE DES STRÖMTODS
VOM VERSICHERUNGSRECHTLICHEN STANDPUNKT

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an den

Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Beate Pack-Dieterich geb. Dieterich

aus Heidelberg

1971

Aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin
der Freien Universität Berlin

Direktor: Professor Dr. med. Walter K r a u l a n d

Z U R D I A G N O S E D E S S T R O M T O D S
V O M V E R S I C H E R U N G S R E C H T L I C H E N
S T A N D P U N K T

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an den

Medizinischen Fachbereichen

der Freien Universität Berlin

Vorgelegt

von

Beate Pack-Dieterich geb. Dieterich
aus Heidelberg



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche der
Freien Universität Berlin

Referent: Professor Dr. med. Walter Krauland
Korreferent: Professor Dr. med. Dietrich Schürmann

Promotionsdatum: 1. 3. 1971

Gliederung

	Seite
I. Einleitung	1
Häufigkeit des elektrischen Unfalls	
Schwierigkeit der Aufklärung	
II. Fragestellung und Untersuchungsgut	6
III. Kasuistik	7
IV. Ergebnisse	43
Allgemeiner Überblick	
Das Verhalten der Verunglückten	
Der Obduktionsbefund	
Die Wirkung des elektrischen Stroms auf den menschlichen Körper	
Zur Morphologie der Strommarke	
V. Diskussion	87
VI. Zusammenfassung	96
VII. Literaturverzeichnis	97

Einleitung

Mit der Entwicklung der Starkstromtechnik seit 1870 entstand eine neue Gefahrenquelle, deren Wesen erst einige Jahrzehnte später aufgeklärt wurde. 1879 wurde der erste tödliche elektrische Unfall in Frankreich beschrieben, 1891 ermittelte B i r a u d insgesamt 10 bekannt gewordene tödliche Unfälle durch Strom (P a n s e 1955).

"Der Tod durch Elektrizität" war Thema der I. Tagung der Deutschen Gesellschaft für gerichtliche Medizin in Meran im September 1905. Hier berichteten K r a t t e r und J e l l i n e k , die sich als Erste mit der Gefahr durch elektrischen Strom beschäftigten, über ihre Forschungsergebnisse (K r a t t e r , J. und J e l l i n e k , S. 1906). K r a t t e r nahm an, daß es sich beim Tod durch Elektrizität um eine zentrale Atemlähmung handle, und daß die forensische Diagnose des Todes aufgrund der Umstände und der speziellen Hautveränderungen "wohl sichergestellt" sei. Während K r a t t e r bereits auf die Bedeutung der Stromstärke hinwies, hob J e l l i n e k den Einfluß der psychischen Komponente hervor. Je stärker sich jedoch die Anwendung elektrischer Energie in Haushalten und Betrieben ausbreitete, desto schwieriger wurde die Aufklärung des Stromtods und desto dringlicher die Frage nach der Todesursache und den Möglichkeiten der Wiederbelebung.

Die zunehmende Gefährdung mit der Verbreitung der Elektrizität läßt sich an den Prozentzahlen ablesen, die in den Medizinisch-Statistischen Nachrichten des Preußischen Statistischen Landesamtes angegeben sind (in P a n s e 1955): Der Anteil der tödlichen elektrischen Unfälle an der Gesamtzahl der tödlichen Unfälle betrug 1910 0,68 %, 1926 2,32 %. A l v e n s l e b e n schätzte 1925 die

Zahl der tödlich Verunglückten auf jährlich 300. Diese Zahl hat sich in den letzten Jahrzehnten konstant gehalten. Da der Verbrauch an elektrischer Energie steigt, bedeutet die Konstanz der Unfallrate einen Erfolg der Sicherheitsmaßnahmen (H a r d t 1966), s. Abb. 1:

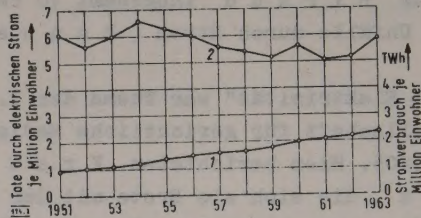


Bild 2. Netto-Verbrauch elektrischer Energie je Million Einwohner (Kurve 1) und Anzahl der Starkstrom-Todesfälle je Million Einwohner (Kurve 2) in der Bundesrepublik Deutschland

Abb. 1: aus H a r d t (1966)

Mit einer Beteiligung von 1 % an der Gesamtzahl aller tödlichen Unfälle spielt der elektrische Unfall eine untergeordnete Rolle, mit einer Letalitätssrate von 7 % steht er jedoch weitaus an erster Stelle (H a u f 1969). Das Verhältnis elektrischer Unfälle zu Unfällen aus anderer Ursache gibt Abb. 2 wieder.

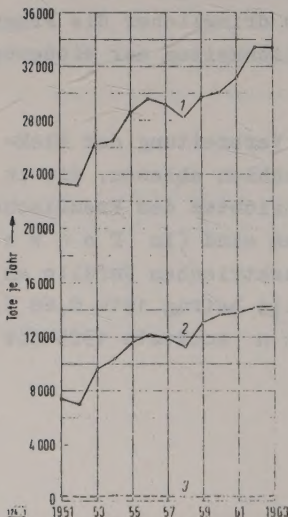


Abb. 2: aus H a r d t (1966)

Bild 1. Tödliche Unfälle in der Bundesrepublik Deutschland von 1951 bis 1963 (Gebietsstand entsprechend Tafel 1); es wurde bewußt auf eine Darstellung in logarithmischem Maßstab verzichtet, um die bestehenden Größenverhältnisse nicht zu verzerren

- 1 Gesamt-Anzahl der tödlichen Unfälle
- 2 Kraftfahrzeugunfälle
- 3 Unfälle durch elektrischen Strom

Der Anteil der Unfälle im Haushalt wird von H a r d t (1966) auf 100 geschätzt. Die von den Berufsgenossenschaften erfaßte Zahl der tödlichen Arbeitsunfälle von 1956-66 ("Die Berufsgenossenschaft", Zeitschrift für Unfallversicherung und Betriebssicherheit, Jg. 1958-68) bewegt sich zwischen 177 und 107 bei einem Mittelwert von 136.

Das Institut für elektrische Unfälle in Köln führte vom 1.7.66 - 30.6.67 eine Fragebogenaktion durch, die eine Aufschlüsselung von 2616 elektrischen Unfällen nach verschiedenen Gesichtspunkten erbrachte. Folgende Ergebnisse sind im Zusammenhang mit dieser Arbeit von Interesse:

1. Spannungsbereich:

Den Hauptanteil stellen Niederspannungsunfälle mit 91,5 %. Mehr als die Hälfte aller tödlichen Unfälle geschahen bei den technisch gebräuchlichen Spannungen von 220 und 380 V Wechselstrom bzw. Drehstrom.

2. Beruf:

Anzahl der elektrischen Unfälle in den verschiedenen Berufsgruppen:

Die folgende Tabelle stellt eine vereinfachte Zusammenfassung der originalen Tabelle dar:

Tab. I.:

Art des Berufs	Gesamtzahl der Unfälle	Zahl der Todesfälle	tödliche Unfälle in%
Elektrotechnische Berufe	1690	59	53,6
andere Arbeiter	707	40	46,4
sonstige Berufe	171	9	

* bis 1000 V: Niederspannung
über 1000 V: Hochspannung

Die Beteiligung der elektrotechnischen Berufe an der Gesamtzahl der elektrischen Unfälle ist sehr hoch, die Letalitätsrate im Vergleich zu anderen Berufsgruppen geringer. Es lassen sich jedoch bei der Aufschlüsselung einer bestimmten Anzahl von Unfällen keine verbindlichen Aussagen machen über die Gefährdung von Berufsgruppen, da die Häufigkeit der einzelnen Berufe unberücksichtigt bleibt. Von K l e i n und M o r s e wird eine Beteiligung von Berufselektrikern an tödlichen elektrischen Unfällen, einschließlich der Haushaltsunfälle, von 37 % angegeben (K l e i n 1967).

3. Ursache:

Menschliches Fehlverhalten, d.h. Verstoß gegen Sicherheitsregeln, wurde in 61,7 % beobachtet. Sachlich-organisatorische Ursachen wie defekte Isolation, unterbrochener Schutzleiter, vertauschte Leiter, kamen in 38,3 % der Fälle vor.

4. Letalitätsrate:

Sie beträgt bei Niederspannungsunfällen 3 %, bei Hochspannungsunfällen 20 %, was mit Angaben von H a u f (H a u f 1969) übereinstimmt.

"Die Bedeutung des Elektrotodes für die gerichtliche Medizin und für die Tätigkeit eines praktischen Arztes bei der Leichenschau liegt jedoch nicht in seiner größeren oder geringeren Häufigkeit, sondern in den Schwierigkeiten, die sich bei seiner Feststellung ergeben können." (H e r o l d in P r o k o p 1966). In einem Prozentsatz, der von S e l l i e r (In P o n s o l d 1967) mit nahezu 50 %, von H a u f mit 35 % (H a u f 1969) angegeben wird, finden sich an den Verunglückten keine Strommarken, d.h. charakteristische Veränderungen, die beim Durchgang von elektrischem Strom in der Haut entstehen können.

Es kommt vor, daß Menschen plötzlich zusammenbrechen oder tot aufgefunden werden, ohne daß zunächst Anhaltspunkte für einen Unfall in der Umgebung der Leiche oder an der Leiche selbst erkennbar sind. H e r o l d (in P r o - k o p 1966) beschreibt den Fall eines 34jährigen Mannes, der tot auf der Straße gefunden wurde. Aufgrund der histologischen Untersuchung einer uncharakteristischen Verletzung an der Hand, die sich als Strommarke erwies, wurde der Unfall rekonstruiert: Der Mann hatte offenkundig mit dem Regenschirm einen herabhängenden Leitungsdraht berührt.

Aus diesem Beispiel wird klar, daß beim Elektrounfall Diagnose und Rekonstruktion eng zusammenhängen. Die genaue Rekonstruktion hat versicherungsrechtliche oder strafrechtliche Konsequenzen und solche der Sicherheit für andere Personen, die mit der Gefahrenquelle in Berührung kommen könnten. Nach P i e t r u s k y (zitiert in P i o c h 1967) können nur "Erfahrung, kriminalistische Einstellung und gründliche Arbeit des Obduzenten in Zusammenhang mit der Kriminalpolizei und dem Techniker" schwierige Fälle aufklären helfen.

Es hat sich in den letzten Jahren die Einsicht durchgesetzt, daß der Gerichtsmediziner Kenntnisse besitzen muß über die physikalischen und physiologischen Vorgänge beim Durchtritt von Elektrizität durch den menschlichen Körper, um die Unfallereignisse zusammen mit dem Obduktionsbefund richtig zu interpretieren.

Findet sich keine Strommarke und wird der Verunglückte nicht in unmittelbarer Nähe eines stromführenden Leiters gefunden, so wird man beim Mangel einer anderen Erklärung auch an einen plötzlichen Tod aus natürlicher Ursache zu denken haben. Die Frage "plötzlicher Tod aus natürlicher Ursache" oder "Stromtod" stellt sich insbesondere dann, wenn eine Coronarsklerose vorliegt, die einen natürlichen Tod mit Wahrscheinlichkeit hätte erklären können. Die

Entscheidung dieser Frage ist vom Standpunkt der Unfallversicherung von außerordentlicher Wichtigkeit und bedeutet für den ärztlichen Gutachter eine besondere Verantwortung.

II. Fragestellung und Untersuchungsgut

Im Zeitraum von 1956 bis Anfang 1967 kamen 26 Unfälle mit der Diagnose "Stromtod" im Berliner Institut für gerichtliche und soziale Medizin zur Obduktion und Begutachtung.

Da für den praktisch tätigen Arzt die Besonderheiten des elektrischen Todes durchaus nicht geläufig sind, werden diese Fälle nach Unfallhergang, Ursache, Obduktionsbefund und Entscheidung der Versicherung analysiert und in einer Kasuistik zusammenfassend dargestellt. Dabei sollen folgende Fragen erörtert werden:

1. Welche Kriterien gibt es für die Aufklärung eines Stromtods?
2. Welche Bedeutung kommt der Strommarke zu für die Diagnose unter besonderer Berücksichtigung des versicherungsrechtlichen Standpunkts?

Folgende Unterlagen wurden herangezogen:

- a) Sektionsakten
- b) Akten der Staatsanwaltschaft
- c) Akten der Versicherungen

In 15 Fällen konnten Versicherungsakten eingesehen werden. Bei 11 Fällen war keine Unfallversicherung angegeben. Bei den Versicherungen handelt es sich 12 mal um eine Gesetzliche Unfallversicherung (10 mal Berufsgenossenschaft, 2 mal Eigenunfallversicherung) und 3 mal um eine Private Unfallversicherung. Alle Fälle wurden als Stromunfall anerkannt und entsprechend entschädigt.

III. Kasuistik

Einteilung der Fälle:

Gruppe I : M i t Strommarken

- a) Unfälle im privaten Haushalt
- b) Unfälle in Betrieben der Elektrobranche
- c) Unfälle auf Baustellen

Gruppe II: O h n e Strommarken

Die Fälle werden durchlaufend numeriert.

Gruppe I : Fälle mit Strommarken

(a) Unfälle im Privathaushalt

1. Johanna H., 68 J., Rentnerin

Unfall: 14.3.1966

Unfallquelle: Fernsehgerät

Ort: Wohnzimmer

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hand - Hand

Einwirkungsdauer: ca. 15 Min.

Strommarken: flächenhafte Strommarke am Kleinfingerballen der linken Hand mit dem Abdruck einer Schlitzschraube (Abb. 32)

2 kleine Strommarken mit schwärzlichem Zentrum und grünlicher Verfärbung der umgebenden Haut an der rechten Handinnenfläche

münzengroße Strommarke an der linken Brustseite mit Textilabdruck.

Stehlampe: kleine grüne Spur und schwärzliche Abnutzungsstellen

Fernsehkupplung: Schmelzspur am Metallteil (Abb. 33)

Unfallhergang

Die Wirtin hörte aus dem Zimmer von Johanna H. Hilferufe. Da die Zimmertür verschlossen war, wurde die Feuerwehr alarmiert. Diese fand Frau H. auf dem Boden liegend, neben ihr ein umgestürzter Tisch und eine umgestürzte Stehlampe. Der Tod wurde im Krankenhaus festgestellt.

Technische Analyse

Das Zusammentreffen von drei Bedingungen wurde hier angenommen:

- 1.) Bei entsprechender Polung war das Fernsehgerät (Allstromgerät) auf 220 V aufgeladen.
- 2.) Auf der sekundären Seite des Transformators fand sich ein Isolationsdefekt am Schalterkabel des Lautsprechers, das auf Masse auflag. Das Schalterkabel stand in Verbindung mit dem Kabel, das zur Kopfhöranlage führte, so daß die Kopfhörleitung unter 220 V Spannung stand.
- 3.) In der Metallkupplung waren keine Zwischenlagen zwischen Kabel und Zugentlastungsfahnen angebracht, so daß Druckstellen entstanden waren. Durch diese Druckstellen war der Isolationswiderstand so herabgesetzt, daß bei der Spannung von 220 V die Metallkupplung stromführend wurde. Die Stehlampe mit metallennem Griff wirkte aufgrund ihres intakten Nulleiters als Erde.

Obduktionsnebenbefund:

Mittelgradige allgemeine Atherosklerose, aber keine Lichtungseinengungen. Cholelithiasis.

Bemerkungen:

Dieser Unfall ist ein Musterbeispiel für die sichere Abklärung eines Stromtods. Die Diagnose stützt sich

auf folgende Untersuchungsergebnisse:

- a) Makroskopischer und mikroskopischer Nachweis von Strommarken. Aus der Form der Strommarke der linken Hand läßt sich der berührte Gegenstand identifizieren, da das Bild einer Schlitzschraube abgeprägt ist.
- b) Nachweis der Metallisation des berührten Leiters: In der linken Hand war die Fe-Reaktion positiv, die Cu-Reaktion negativ. In der Strommarke der rechten Hand war die Cu-Reaktion positiv, die Fe-Reaktion negativ. Spektralanalytisch wurde die Identität mit den berührten Leitern nachgewiesen.
- c) Der Ausschluß der Zufälligkeit der Metallisation ergibt sich zwanglos.
- d) Ausschluß einer anderen Todesursache.

2. Hedwig M., 51 J., Hausfrau

Unfall: 7.11.1960

Unfallquelle: Wäschestampfer

Ort: Waschküche

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hände - Füße, Hand - Hand

Einwirkungsdauer: ca. 1 Stunde

Strommarken: münzengroße Strommarke dicht neben dem Daumenballen der rechten Hand mit getreidekorngroßer verkochter Stelle in der Mitte.

Verbrennungen 1. und 2. Grades: rechte Ellenbeuge und Innenseite des rechten Oberarms. Innenseite des linken Unter- und Oberarms, hinunterziehend zur linken Brust (Abb. 31).

Unfallhergang

Frau M. wurde im Keller der Waschküche aufgefunden, auf der rechten Seite liegend. Ein elektrischer Wäschestampfer lag in ihrer rechten Armbeuge, der linke Arm lag über dem Wäschestampfer. Der Stecker wurde vom Auffinder herausgerissen.

Technische Analyse

Der 3-adrige Schallwäscher war intakt. Zwischen Steckdose der Waschküche und Abzweigdose waren Nulleiter und Außenleiter verwechselt worden, so daß das Metallgehäuse unter 220 V Spannung stand. Seit der letzten Installation, bei der die Verwechslung geschehen war, wurde der Schallwäscher zum ersten Mal benutzt. Luft, Kleidung und Fußboden waren sehr feucht.

Obduktions-Nebenbefund

mittelgradige Struma

3. Ruth B., 36 J., Hausfrau

Unfall: 8.3.1967

Unfallquelle: Staubsauger

Ort: Wohnzimmer

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hand - Hand, Stirn - Unterschenkel

Einwirkungsdauer: ca. 1 Stunde

Strommarken: eine Reihe von Strommarken verschiedenen Ausmaßes vor allem an Stirn, Händen und Beinen (Abb. 24, 25)

Griffmarke an der Stehlampe

Unfallhergang

Frau B. wurde in ihrer Wohnung auf dem Boden liegend aufgefunden. Der eingeschaltete Staubsauger und eine Stehlampe lagen auf ihrem Körper. Die linke Hand umfaßte den Metallständer der Lampe, die rechte Hand lag auf dem Staubsaugerrohr. Toteinlieferung.

Technische Analyse

Im Staubsauger war eine Kunststoffkappe gebrochen, so daß die darunter befindliche stromführende Metallfeder mit dem Metallgehäuse des Staubsaugers in Berührung kam. Das Kabel des Staubsaugers und die Verlängerungsschnur waren 2-adrig, so daß der Körperschluß nicht geerdet war. Frau B. stellte die Verbindung her zwischen Staubsauger und geerdeter Stehlampe. Frau B. hatte die Kabel selbständig angebracht, da die richtigen nicht funktionierten.

4. Waltraud W., 34 J., Hausfrau

Unfall: 21.12.1959

Unfallquelle: Staubsauger

Ort: Duschraum (gekachelt)

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hand - Hand, Beine - Kopf

Einwirkungsdauer: mehrere Stunden

Strommarken: zahlreiche, vielgestaltige Strommarken
an der rechten Stirnseite (Abb. 26), an
beiden Handrücken, in der rechten Hohlhand und an beiden Beinen.

Rastermuster an der Rückseite des linken
Oberschenkels und der Wade (Abb. 34, 35).

Unfallhergang

Der Ehemann fand beim Heimkommen seine Frau in der Dusche liegend vor. Sie habe rücklings mit dem Kopf am Badeofen gelegen. Der gekachelte Duschraum war naß. Der Staubsauger stand in der Küche noch in Betrieb, das Ende des Metallschlauches lag im Duschraum. Es roch verschmort. Vermutlich wollte Frau W. die Führungsschiene der Schiebetür zwischen Küche und Dusche aussaugen. Der Ehemann hatte vor einigen Tagen noch selbst gesaugt.

Technische Analyse

Es wurde ein Isolationsdefekt im Staubsauger festgestellt, der zeitweise zu einer Verbindung zwischen Leitungssader und Metallgehäuse führte. Das Kabel war 2-adrig, der Körperschluß war also nicht durch einen Schutzleiter geerdet. Da Frau W. Porokreppsohlen mit Gummiabsätzen trug, ist ein primärer Stromfluß beim Betreten der nassen Kacheln unwahrscheinlich. Die Strommarken an beiden Händen lassen den Unfallhergang so vermuten, daß Frau W. gleichzeitig den Metallschlauch und entweder die nassen Kacheln, den Badeofen oder den Steinfußboden berührte. Sie stürzte und erlitt nun eine Längsdurchströmung (Stirn-Bein), was sich erklären ließe durch den auf dem feuchten Steinfußboden liegenden Metallschlauch und einen Erdschluß über den Badeofen.

5. Werner B., 33 J., Möbelpolierer

Unfall: 29.3.1964

Unfallquelle: Handbrausehalter

Ort: Badewanne

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hand - Füße

Einwirkungszeit: wenige Sekunden

Strommarken: 3 kraterförmige, hirsekorngroße Strommarken an der rechten Handaußenkante
(Abb. 19, 20)

Unfallhergang

Die Ehefrau hörte ihren Mann beim Duschen laut schreien und fand ihn in der Badewanne stehend, sich mit beiden Händen am Haken für die Handbrause festhaltend. Als sie ihn berührte, erlitt sie einen Schlag. Erst als sie die Handbrause abdrehte, fiel er leblos in sich zusammen.

Technische Analyse

Der obere Nidaxbügel (im Metallgehäuse) des Brausehakens hatte Berührung mit der 2 cm unter Putz liegenden Stromleitung. Es handelte sich um eine neue Siedlung, in der derselbe Konstruktionsfehler noch in anderen Wohnungen entdeckt wurde.

Bemerkungen:

B. ist in einer Privaten Unfallversicherung. Er erlitt einen Unfall im Sinne der Allgemeinen Unfallversicherungsbedingungen, die Versicherung stellte jedoch Regreßansprüche.

Die Verantwortlichen wurden in 1. Instanz verurteilt.

6. Jürgen K., 17 J., Beifahrer

Unfall: 13.4.1963

Unfallquelle: Radio

Ort: Badewanne

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Badewasser - Nacken

Einwirkungsdauer: ca. 10 Min.

Strommarken: J-förmige Strommarke am Nacken zwischen Haargrenze und unterem Ende der Halswirbelsäule, teilweise gegliedert entsprechend der Form des gegliederten Metallschlauchs (Abb. 36)

Unfallhergang

Nachdem auf Anruf der Sohn nicht reagierte, betrat die Mutter das Bad und fand ihn leblos in der Wanne liegend, den Kopf angelehnt an den Schlauch der Handbrause. Ein Kofferradio mit Netzanschluß lag im Badewasser. Die Mutter erhielt selbst einen elektrischen Schlag, als sie ihren Sohn anfaßte. Der Vater zog die Leitung aus der Steckdose.

Technische Analyse

Vermutlich hatte K. das Radio auf die Seifenablage gestellt, und von dort war es ins Wasser gefallen. Der Metallschlauch der Brause wirkte als Erde über die Badewanne. Aufgrund der längeren Einwirkungszeit kam es zu der ausgeprägten Strommarke.

Obduktions-Nebenbefund

Leichtere chronische Stauung von Leber und Milz

7. Thomas R., 1 J. 8 Mon.

Unfall: 6.6.1956

Unfallquelle: Bügeleisen

Ort: Küche

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hand - Hand

Einwirkungsdauer: wenige Sekunden

Strommarken: warzenförmige Strommarke an der linken
Handinnenfläche

Unfallhergang

Die Mutter des Kindes hatte das eingeschaltete Bügeleisen auf einen Kohlenkasten neben dem Ausguß gestellt. Sie ging zum Fenster, wendete sich aber sogleich um und sah ihren Sohn in hockender Stellung auf dem Kohlenkasten, mit der linken Hand am Metallteil, "am Bügeleisen kleben". Sie riß ihn sofort herunter. Das Kind starb auf dem Transport.

Technische Analyse

Es wurden zwei technische Mängel am Bügeleisen aufgedeckt:

1. Die Keramikisolierung war zerbrochen, so daß leitende Teile mit der metallenen Abdeckplatte verbunden waren.
2. Das 3-adrige Kabel mit Schukostecker war fehlerhaft montiert. Eine Buchse des Gerätesteckers war mit dem Erdleiter (~~grau~~) verbunden, so daß dieser seine Aufgabe als Schutzleiter nicht erfüllen konnte. Als 'Erde' wurde hier der Ausguß vermutet, der sich neben dem Kohlenkasten befand. Da die Epidermis eines knapp 2jährigen Kindes keinen nennenswerten Widerstand besitzt, ist es verständlich, daß keine Strommarken gefunden wurden.

8. Hans G., 22 J., Tischler

Unfall: 21.7.1964

Unfallquelle: Kabel einer Stehlampe

Ort: Wohnzimmer

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: linke Hand - rechter Fuß

Einwirkungsdauer: wenige Sekunden

Strommarken: mehrere kraterförmige Strommarken an der linken Hand, und zwar am Daumenballen, an der Fingerbeere und an der Beugungsseite der Finger;

Strommarke am rechten Fußgewölbe

Unfallhergang

G. reparierte für eine Freundin eine Stehlampe. Nachdem er eine Verlängerungsschnur anmontiert hatte, steckte er diese mit Doppelstecker in die Wand. Daraufhin wollte er die Schnur, die sich im Gestell der Holz-Stehlampe befand, auseinanderschneiden. Angeblich hielt er eine kleine Schere in der Hand. Plötzlich stöhnte er auf, fiel mit dem Sessel nach hinten und rief: "Zieh den Stecker raus!" Die Freundin tat dies sofort. G. gab auf Fragen keine Antwort mehr, er holte noch 2 mal tief Luft und wurde dann bleich. Toteinlieferung.

Technische Analyse

G. ist mit der Schere mit stromführenden Kabeln in Berührung gekommen, während er gleichzeitig mit dem rechten Fuß auf die herausragenden blanken Teile eines Kabels trat, das von seiner Hand auf die Erde herunterhing. Die Sohlen seiner Sandalen sind aus Gummi, die rechte Sohle und die rechte Perlonsocke zeigen keine Branspuren. Vermutlich hatte G. die Sandalen ausgezogen, so daß der Übergangswiderstand sehr gering war.

9. Jörg L., 23 J., Unteroffizier der Bundeswehr

Unfall: 4.1.1965

Unfallquelle: Föhn

Ort: Küche

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hand - Fuß ?

Einwirkungsdauer: wenige Sekunden

Strommarken: 5 charakteristische runde Strommarken
an Beugeseiten und Kuppen der Finger der
rechten Hand

Unfallhergang

Bei der Heimkehr fand die Mutter L. auf dem Boden der Küche liegend. Neben ihm ein Föhn, dessen Stecker aus der Wand gerissen war. Sie hatte den Sohn beauftragt, den Föhn zur Reparatur zu bringen.

Technische Analyse

Die Schrauben der Griffschalen des Föhns lagen auf dem Fensterbrett, ebenso ein Schraubenzieher. Die Griffschalen des Föhns standen so weit auseinander, daß der Widerstandsdraht freilag. Es wurde vermutet, daß L. den Draht mit dem Schraubenzieher berührt hat.

Nähere Angaben über den Stromweg waren den Akten nicht zu entnehmen.

10. Max D., 65 J., Elektromeister

Unfall: 14.5.1967

Unfallquelle: Bohrmaschine

Ort: Gelände eines Wochenendhauses

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Körper - Erde

Einwirkungsdauer: ca. 1 Stunde

Strommarken: linke Bauchseite: in Nabelhöhe eine runde Strommarke von 10 cm Durchmesser, Zentrum eingesunken, Rand weißlich verfärbt, roter Saum (Abb. 28);
linker Unterarm: auf gleicher Höhe ähnliche Hautveränderung (Abb. 27);
linke Brustseite: Sechsergruppe von kreisrunden, weißlichen, ausgestanzten Strommarken mit rotem Rand.

Bohrmaschine: Schmelzspuren

Unfallhergang

Die Ehefrau fand D. auf dem Bauch liegend. Die Bohrmaschine hielt er fest umklammert. Sie war nicht in Betrieb.

Technische Analyse

1/2 m hinter D. auf einer Steinstufe befand sich ein Holzbrett mit Steckdosen. Die entsprechende Steckdose war gebrochen, so daß die beweglichen Schutzkontakte Berührung mit den Steckerstiften hatten. So konnte Spannung auf das Gehäuse übertragen werden. D. war möglicherweise über die Steckdose gestolpert.

In der Nähe stand ein 1,40 m hoher Holzblock. Es ist möglich, daß D. einen Schwächeanfall erlitt, vom Block stürzte und dabei die Steckdose beschädigte. Der Bruch schien frisch zu sein, und D. soll sehr gewissenhaft gearbeitet haben. An diesem Tage sei er nervös gewesen. D. war barfuß.

Obduktions-Nebenbefund

mittelgradige Coronar-Sklerose. Coronarien durch Innenhautpolster eingeengt, Lichtung überall frei.

Bemerkungen:

In diesem Fall läßt sich nicht klären, wie weit die Coronar-Sklerose Ursache für einen Schwächeanfall oder gar plötzlichen Tod war. Es steht jedoch fest, daß D. eine tödliche elektrische Durchströmung erlitt. Eine mittelgradige Coronar-Sklerose ist kein Befund, der einen natürlichen Tod für wahrscheinlich halten läßt.

11. Klaus G., 28 J., Medizinstudent

Unfall: 14.1.1964

Unfallquelle: bei autoerotischer Betätigung

Ort: Wohnzimmer

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: rechte Hand - linke Hand

Einwirkungsdauer: weniger als 1 Sekunde

Strommarken: linke Hand: am Daumen und Zeigefinger
eine Gruppe von grauweißen, gequollenen
Oberhautveränderungen;
rechte Hand: ober- und unterhalb der Beu-
gefalte des Ringfingers oberflächliche
Aufquellungen mit teilweise bräunlichen
Veränderungen.

Unfallhergang

G. wohnte zur Untermiete und hatte sich in sein Zimmer eingeschlossen. Die Wohnungsinhaber hörten einen Schrei, alarmierten die Feuerwehr und fanden G. nackt auf dem Boden liegend vor. Toteinlieferung.

Technische Analyse

Neben der rechten Hand befand sich ein Metallkatheter, der über ein elektrisches Kabel mit einem Küchenmesser verbunden war, das in die Transformatorenschule eines Radios eingebaut war. Zur linken Hand lag ein 3 m langes Kabel, das mit dem Heizkörper verbunden war. Es war bekannt, daß Klaus G. öfter autoerotische Handlungen vornahm. Zum Zeitpunkt des Unfalls mußte er den Metallkatheter in der rechten gehalten haben, während er mit der linken den Erdungsdraht berührte. Daß gerade an diesem Tag der Tod erfolgte, läßt darauf schließen, daß durch Schweißbildung an der Hand der Widerstand so herabgesetzt war, daß es zu einer Durchströmung in der gefährlichen Stromstärke kam. In der Schleimhaut der Urethra wurden keine Veränderungen durch Strom gefunden.

12. Hellmuth D., 35 J., Glasermeister

Unfall: 13.12.1958

Unfallquelle: Kabel einer Deckenleuchte

Ort: auf einer Leiter in der Werkstatt

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hand - Hand

Einwirkungsdauer: weniger als 1 Sekunde

Strommarken: an der rechten Hand zwischen dem 2. und 3. Finger scharfer, schwarzer Strich, am rechten Daumenballen feine Ablösung der Oberhaut.

Unfallhergang

D. wollte in seiner Werkstatt eine Lampe von der Decke abmontieren. Die Werkstatt ist 5 m hoch. Er stand auf einer wackeligen Leiter, die von seiner Frau gehalten

wurde. Plötzlich stürzte er mit einem leisen Schrei von der Leiter. Er verstarb auf dem Transport.

Technische Analyse

Von der Decke hingen 2 elektrische Leitungen, von denen die eine Strom führte, entgegen der Meinung von D. Es ist zu vermuten, daß D. beide Leitungen berührte. Ob der Stromdurchfluß allein tödlich war oder nur den Sturz verursachte, ist nachträglich nicht zu klären.

Obduktionsbefund

Klaffender Bruch der rechten Hinterhauptsschuppe mit Zerreißung der Dura.

Geringe subdurale Blutung. Bruch des rechten knöchernen Augenhöhlendaches. Oberflächliche Verletzungen bzw. Erweichungen am rechten Kleinhirnlappen.

Herzkranzgefäße zart, nur an den linken Ästen einige polsterartige Verdickungen.

Bemerkungen:

Von der Lebensversicherung des D. wurde eine Unfallzusatzversicherungssumme gezahlt. Die Akten waren bereits vernichtet. Aus den Aufzeichnungen der Versicherung ging hervor, daß die Diagnose "Sturz von der Leiter" zugrunde gelegt worden war.

(b) Unfälle in Betrieben der Elektrobranche

13. Gerhard D., 40 J., Elektromonteur

Unfall: 6.6.1961

Unfallquelle: unter Spannung stehender Hebelschalter
Wechselstrom, 250 V

Stromweg: Hand - Hand, Oberschenkel - Brust

Einwirkungsdauer: weniger als 1 Sekunde

Strommarken: charakteristische Strommarken an der
linken Brustseite, am linken und rechten
Oberschenkel (Abb. 21, 22, 23)
Verbrennungslöcher in der Kleidung an
entsprechenden Stellen

Blut-Alkohol: Wi 1,34 % ADH 1,12 %.

Unfallhergang

D. hatte die Aufgabe, Mittelspannungskondensatoren zu prüfen. Während sein Kollege die Spannung herunterregelte und D. auf das Erlöschen der roten Warnlampe wartete, um den Prüfling abzumontieren, hörte der Kollege von D. plötzlich "einen nicht allzu lauten Ausruf" und sah ihn zusammenbrechen. Es wurden 2 Stunden lang Wiederbelebungsversuche gemacht.

Technische Analyse

Der Unfall wurde folgendermaßen rekonstruiert:

D. wartete das Erlöschen der Warnlampe nicht ab, ergriff mit der einen Hand einen auf dem Tisch liegenden Schraubenschlüssel, während er sich mit der anderen Hand auf den geerdeten Meßtisch stützte. Er berührte aus Versehen mit dem Schraubenschlüssel den Hebelschalter, dessen Spannung noch nicht endgültig heruntergeregelt war. Da an diesem Tag eine Temperatur von 27° C herrschte, D.'s Hände also sicher feucht waren

und er den Schraubenschlüssel fest umschloß, ist mit einem relativ niedrigen Widerstand von ca. 1800 Ohm zu rechnen, so daß ca. 140 mA den Körper passieren. D. sackte in die Knie, berührte mit ihnen die spannungsführenden Flügelmuttern an der Vorderseite des Tisches und mit der Brust die geerdete Meßtischplatte. Durch diesen 2. Stromdurchfluß entstanden die Strommarken an Brust und Beinen.

Obduktions-Nebenbefund

mäßige Atheromatose

Adhaerenz der linken Lunge

Bemerkungen:

Die Problematik dieses Falles lag darin, daß beim ersten Stromdurchfluß keine Strommarken an den Händen und auch keine Schmelzspuren am Schraubenschlüssel entstanden waren. Die vorhandenen Strommarken ließen einen Stromweg vermuten, der durch die spannungsführenden, ungeschützten Flügelmuttern in Kniehöhe zustande gekommen war. Dies hätte für die Berufsgenossenschaft die Möglichkeit einer Regreßnahme bedeutet. Durch Versuche am Hochspannungsinstitut der Technischen Universität konnte der 2. Stromweg als ursächlich für den Tod ausgeschlossen werden aufgrund der Berechnung eines Bodenwiderstandes von 10.000.000 Ohm.

Es war nun die Aufgabe des technischen Sachverständigen, die Frage zu erörtern, ob unter bestimmten Bedingungen Strommarken ausbleiben können. Der Sachverständige bestätigte dies und erläuterte unter Hinweis auf Freiburger (1934), daß unter den gegebenen Umständen eine Durchströmdauer von mindestens 1 Sekunde erforderlich gewesen wäre, während bei blitzartigem Zurückzucken nur mit einer Durchströmung von 0,2-0,3 sec zu rechnen ist.

Daß bei kurzfristiger Berührung des Schraubenschlüssels mit dem Schalter keine Schmelzspuren auftreten, wurde experimentell nachgewiesen.

Gesetzliche Unfallversicherung: Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik.

. Wolfgang E., 31 J., Elektromonteur

Unfall: 2.8.1961

Unfallquelle: Kondensatoranlage

Ort: Versuchsraum einer Hochspannungsanlage

Ladespannung: 20 KV

Stromweg: linke Hand - Fuß

Einwirkungsdauer: weniger als 1 Sekunde

Strommarken: kleine Strommarken an den Kuppen des

1. - 4. Fingers der linken Hand;

längliche, im Zentrum verkohlte Strommarken an der rechten Ferse

Unfallhergang

E. war mit einem Kollegen beschäftigt, in einer Hochspannungsanlage Widerstandsscheiben für Ableiter zu prüfen. E. sollte die Versuchsscheiben auswechseln. Als der Oszillograph ausfiel, ging der Kollege, um ihn vom Netz zu trennen. E. betrat unaufgefordert den Prüfraum. Als der Kollege hinblickte, sah er Funken und E. zusammenbrechen. E. hatte vergessen, den Erdungsbügel an einen stromführenden Teil zu hängen, obwohl er 6 Jahre hier arbeitete.

Technische Analyse

Der Prüfraum ist so gesichert, daß die Spannung mit dem Wegnehmen der Türkette abgeschaltet ist. E. wurde durch die Restspannung getötet. Er trug Gummisohlen,

im rechten Absatz befand sich ein eingeschlagener Nagel. Hier fanden sich Verbrennungsspuren, ebenfalls auf dem nicht isolierten Steinholzfussboden. Vom Augenblick des Abschaltens durch Öffnen der Tür bis zur Berührung vergingen ca. 5 sec (Weg: 3,90 m). In dieser Zeit fiel die Spannung nicht nennenswert ab. Die Untersuchungen der Firma Siemens ergaben einen Widerstand von 100 000 Ohm, so daß der Stromdurchfluß 200 mA betrug.

Obduktions-Nebenbefund:

Stauungsleber, indurierte Milz

•
Gesetzliche Unfallversicherung: Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik.

15. Peter K., 19 J., Elektriker

Unfall: 30.3.1961

Unfallquelle: Verlängerungskabel

Ort: Gelände eines Zirkus

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hand - Hand, Hand - Fuß

Einwirkungsdauer: mehrere Sekunden

Strommarken: 7 mm lange, verschmorte Strommarke am
rechten Mittelfinger

Unfallhergang

K. wurde von einem Kollegen schreiend, in einer Wasserlache auf dem Rücken liegend, mit einem Elektrokabel in der Hand aufgefunden.

Zeugenbericht eines Zeugen, der aus 100 m Entfernung

beobachtete: K. fiel vom Trittbrett eines Wagens, ging ein paar Schritte rückwärts, trat in eine Wasserlache, schrie mehrmals und brach zusammen.

Technische Analyse

K. sollte einen Löwenkäfig mit Licht versorgen. In der Nähe befand sich ein Lichtmast mit Kabelende und Kupplung. Da das Verlängerungskabel zu kurz war, fertigte sich K. ein zusätzliches Zwischenstück mit 2 Steckern, was nach VDE-Vorschriften unzulässig ist. Nachdem er den Stecker in die Kupplung gesteckt hatte, muß er mit beiden Händen mit den stromführenden Stiften des Steckers in Berührung gekommen sein. Danach trat er mit nassen Schuhen in eine Wasserlache, was zu einer Längsdurchströmung führte. Da es regnete und K. durchnäßt war, war der Widerstand gegen Erde stark herabgesetzt.

Gesetzliche Unfallversicherung: Berufsgenossenschaft für Nahrungsmittel und Gaststätten.

16. Joachim U., 22 J., Techniker

Unfall: 11.6.1963

Unfallquelle: Stecker einer Flexoleitung

Ort: Labor der BEWAG

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hand - Hand

Einwirkungsdauer: weniger als 1 Sekunde

Strommarken: weißliche Veränderungen der Haut mit erhabenem Rand: am rechten Daumenballen, am Mittelglied des linken Zeigefingers, an der linken Daumenkuppe (Abb. 13, 14, 15)

Unfallhergang

U. war mit der Prüfung einer Hysteresisschleife beschäftigt. Er arbeitete im Nebenraum bei geöffneter Tür. Ein Kollege hörte einen dumpfen Fall, eilte ins Nebenzimmer und fand U. in verkraampfter Haltung und stöhnend auf dem Bauch auf der Erde liegend vor. Er schloß auf einen Stromschlag und begann zusammen mit einem herbeigerufenen Kollegen Wiederbelebungsversuche zu machen. Nach 2 Minute ging die Blaufärbung zurück. Die Feuerwehr setzte die Wiederbelebungsversuche nicht fort. Der Verunglückte wurde ins RVK gebracht, wo er nach 3 Tagen verstarb, ohne das Bewußtsein wiedererlangt zu haben.

Technische Analyse

Rekonstruktion: In der Verteilertafel steckte eine unter Spannung stehende Flexoleitung von 1,25 m Länge, deren anderes Ende mit dem offenen Stecker frei am Tisch herunterhing. U. hatte entgegen der vorgeschriebenen Weise erst "heiß" gesteckt. Danach ist er vermutlich mit der linken Hand an der Schnur entlanggefahren, bis er den freien Stecker in der geschlossenen Hand hielt. Mit der rechten Hand versuchte U. einen Stecker von einem in der Nähe stehenden Trafo zu ziehen und muß dabei mit blanken Teilen des Steckers am Trafo in Berührung gekommen sein. Dieser 2. Berührungspunkt läßt sich nur vermuten.

Obduktionsbefund

Pneumonieherde bds., dicke Fibrinauflagerung auf der Pleura;
schwere Tracheobronchitis; flächenhafte Lungenblutungen, Zustand nach Tracheotomie;
fibrinöse Pericarditis, Zustand nach Thorakotomie (Herzmassage).

Bemerkungen:

Es handelt sich hier um das seltene Vorkommnis, daß der Tod bei einem Niederspannungsunfall nicht sofort eintrat. Durch Thorakotomie, Herzmassage und intensive Wiederbelebensmaßnahmen war es zeitweilig zu Herzschlag gekommen. U. blieb jedoch bewußtlos. Es wurden noch am Tag der Einlieferung Strommarken festgestellt und später histologisch nachgewiesen. In den Ermittlungsakten wurde ein Körperwiderstand von 1.000 Ohm eingesetzt, so daß mit einer Stromstärke von 220 mA zu rechnen war, einer Menge, die in den meisten Fällen Kammerflimmern auslöst.

Ob es sich in diesem Fall um einen Herzstillstand gehandelt hat oder ob das Kammerflimmern unterbrochen werden konnte, läßt sich nachträglich nicht entscheiden. Sicher waren Herz und Kreislaufzentrum durch Anoxie so stark geschädigt, daß eine Wiederbelebung praktisch ausgeschlossen war.

Gesetzliche Unfallversicherung: Berufsgenossenschaft der Feinmechaniker und Elektrotechniker.

(c) Unfälle auf Baustellen

17. Dieter W., 26 J., Maschinenschlosser

Unfall: 10.6.1963

Unfallquelle: Kabel einer Mischmaschine

Ort: Baugrube

Drehstrom, 380 V

Stromweg: Hände - Füße

Einwirkungsdauer: 10-15 sec

Strommarken: kraterförmige Hautdefekte am linken
Kleinfingerballen, der Hohlhand und beiden
Fersen

Unfallhergang

W. und ein Kollege entfernten, in einer feuchten Baugrube stehend, den erstarrten Beton unter einer Betonmischmaschine mit Brechstangen. Der Kollege warnte W. wegen des Kabels unter der Maschine. Gleich darauf hörte er W. leise "Strom" sagen und sah ihn gebeugt an der Brechstange hängen. Der Kollege riß den Stecker aus dem 6 m entfernten Sicherungskasten, worauf W. zusammenbrach.

Technische Analyse

Vom 6 m entfernten Stecker verlief eine Gummischlachleitung (4-adrig) unter der Erde. Unterhalb eines Mischerrades lag das Kabel als mehrschlägiger Ring in Ölpapier gewickelt. Die Isolierung zeigte nur ein kleines Loch, die Litzenisolierung war jedoch stark beschädigt, so daß die Kupferlitze frei lag.

W. trug Halbschuhe mit dünnen Ledersohlen und hervorstehenden Stahlnägeln. Im Schuh befanden sich Wasser- und Schweißtröpfchen.

Obduktions-Nebenbefund

flache Atherome in den Coronarien

Gesetzliche Unfallversicherung: Bau - Berufsgenossenschaft

18. Heinz K., 25 J., Arbeiter

Unfall: 31.5.1960

Unfallquelle: U - Bahnschiene

Ort: BVG-Gelände, U-Bahn

Gleichstrom, 780 V

Stromweg: rechtes Bein - Hände - Förderband - Erde

Einwirkungsdauer: weniger als 1 Sekunde

Strommarken: an der Außenseite des rechten Unterschenkels: nierenförmige, flächenhaft verkohlte Strommarken;

an beiden Handinnenflächen: mehrere bis pfennigstückgroße Strommarken (Abb. 16);
Verbrennungsloch am Hosenbein

Unfallhergang:

Beim Umsetzen eines Förderbandes gab K. plötzlich grunzende Laute von sich und brach zusammen.

Technische Analyse

K. kam mit seinem rechten Bein mit einer U-Bahn-Schiene in Berührung. Er muß ausgerutscht sein, und dabei eine "völlig ungewohnte Beinstellung" (BVG) eingenommen haben, denn die Schiene ist von oben her geschützt. K. trug enganliegende feuchte Hosen und berührte das Förderband mit beiden Händen.

Nimmt man einen Körperwiderstand von ca. 1.000 Ohm an, so beträgt die Strommenge 750 mA. Diese Menge gehört bei K o e p p e n zum Stromstärkenbereich III.

Obduktions-Nebenbefund

Magenschleimhautentzündung

Gesetzliche Unfallversicherung: Tiefbau-Berufsgenossenschaft.

19. Günter B., 23 J., Bauarbeiter

Unfall: 1.8.1965

Unfallquelle: Verlängerungskabel

Ort: Neubau zu ebener Erde

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: rechte Hand - Fuß

Einwirkungsdauer: ca. 2 sec

Strommarken: an der Beugeseite des rechten Zeigefingers
reiskorngröße, gelbliche Hautverdickung

Blut-Alkohol: Wi 1,4 %. ADH 1,46 %.

Unfallhergang

B., der mit privaten Maurerarbeiten beschäftigt war, wollte eine Lichtquelle für den Neubau beschaffen. Er steckte ein 13 m langes Kabel in eine 2-polige Steckdose im Altbau. In dem Augenblick, als er den feuchten Estrich-Fußboden des Neubaus mit dem Kabel in der Hand betrat, schrie er mehrmals laut auf und brach nach Herausziehen des Steckers zusammen. Ein Zeuge verspürte beim Berühren des B. ein Kribbeln.

Technische Analyse

Am Kabel fand sich eine schnittartige Verletzung von 1 cm Länge. 4 mm² der grau ummantelten Phase waren freigelegt. Die Betriebsisolierung wies ein Loch von der Größe einer Stecknadel auf. B. konnte unmöglich die Drähte selbst berührt haben. Aufgrund der Feuchtigkeit, die im Neubau herrschte, hatten sich wahrscheinlich Kriechströme entlang dem Kabel gebildet. Eine eindeutige Erklärung konnte nicht gefunden werden.

Gesetzliche Unfallversicherung: Eigenunfall-Versicherung.

Gruppe II : Fälle ohne Strommarken

20. Horst Sch., 25 J., Elektroschweißer

Unfall: 22.7.1966

Unfallquelle: Kabel eines Schweißgerätes

Ort: Maschinenraum eines Schiffes

Wechselstrom, 70 V

Stromweg: Körper - Erde (Blechboden)

Einwirkungsdauer: wenige Sekunden

Strommarken: keine

Unfallhergang

Sch. schweißte in einem 70 cm hohen Raum in liegender Stellung. Ein Kollege hörte zwei dichtaufeinanderfolgende, entsetzte Aufschreie und schaltete sofort den Strom aus. Zu zweit wurde Sch. aus dem Raum herausgezogen. Er habe reglos auf dem Bauch gelegen und nach Luft gerungen. Toteinlieferung.

Technische Analyse

Sch. hatte mit einem Wechselstromkabel geschweißt, was in engen Räumen nach VDE-Vorschriften verboten ist. Es zeigte an verschiedenen Stellen Isolationsdefekte. Sch. muß mit der blanken Litze in Berührung gekommen sein. Sein Körper war durch breite Auflage auf Blech gut geerdet. Es herrschte eine Temperatur von 25° C. Die Kleidung war feucht.

Bemerkungen:

Dieser Fall ist ein Beispiel dafür, mit welchen Schwierigkeiten die Aufklärung eines Stromtods verbunden sein kann.

Der Unfall wurde von der Firma 3 Tage später als "Tod durch Schwächeanfall" an die Berufsgenossenschaft ge-

meldet. Die zwischenzeitlichen Ermittlungen der Polizei hatten ergeben, daß Sch. an Bronchial-Asthma und Herzbeschwerden leide und deshalb in ärztlicher Behandlung sei, und daß ihm die Arbeit schwer gefallen sei. Bei der Besichtigung des Arbeitsplatzes wurde ein Stromunfall ausgeschlossen, da das Schweißgerät intakt war. Die Untersuchungen der Berufsgenossenschaft waren dadurch erschwert, daß der Unfallort verändert war. Erst durch Hinweise eines dritten Zeugen, der das von Sch. benutzte defekte Wechselstromkabel zeigen konnte, war die Möglichkeit eines Stromtods anzunehmen.

Bei der Obduktion fanden sich außer einer starken Blutfülle aller Blutleiter wie bei plötzlichem Sistieren des Kreislaufs weder Zeichen eines Bronchial-Asthma noch ein sonstiger krankhafter Befund.

Die Spannung von 70 V liegt an der untersten Grenze der Gefährlichkeit. Da die Haut des Sch. durchfeuchtet war, zudem die Epidermis an Brust und Rücken dünn ist, konnte mit einem Widerstand von 700 Ohm gerechnet werden, was einen Stromdurchfluß von 100 mA bedeutet. Dies ist nach K o e p p e n (s. Tabelle V) bereits eine tödliche Stromstärke. In einem von der Berufsgenossenschaft angeforderten Gutachten wurde bestätigt, daß aufgrund der Sektion, der Unfallumstände und der technischen Bedingungen ein Stromtod als wahrscheinlich angesehen werden könne.

Gesetzliche Unfallversicherung: Nordwestliche Eisen- und Stahl-Berufsgenossenschaft.

21. Christian N., 24 J., Student der Elektrotechnik

Unfall: 6.8.1964 (gefunden 9.8.1964)

Unfallquelle: Bohrmaschine

Ort: Wohnzimmer

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hand - Fuß

Einwirkungsdauer: vermutlich weniger als 1 Sekunde

Strommarken: keine

Unfallhergang

N. wurde auf dem Gesicht liegend in seinem Zimmer aufgefunden. Unter ihm lag eine Bohrmaschine, die ans Netz angeschlossen war. Aus dem Verwesungsgrad wurde geschlossen, daß der Tod 3 Tage vorher eingetreten war.

Technische Analyse

N. wollte Gardinenlöcher bohren, stand mit einem Fuß auf einem 50 cm hohen Büchertisch, stützte sich vermutlich mit dem anderen Fuß auf die Zentralheizung und berührte mit dem Knöchel das Zuleitungsrohr. In der betreffenden Steckdose stand der Nulleiter unter Strom. Die Steckdose war nachträglich eingebaut worden und stand in Verbindung mit einem Schalter, von dem aus die Stehlampe betätigt wurde. In einer Listerklemme waren Nulleiter und Schalterdraht verwechselt worden, so daß alle an die Steckdose angeschlossenen, in Schutzmaßnahmen einbezogenen Metallgehäuse, unter Spannung von 220 V gegen Erde standen.

Bemerkungen:

Auf dem Leichenschauschein war vom Arzt vermerkt: "Ungeklärte Ursache, fraglicher Stromtod". Die Staatsanwaltschaft ermittelte die Todesursache durch Untersuchungen der KTU und der BEWAG. Durch die Obduktion wurde eine andere Todesursache ausgeschlossen, soweit dies

bei fortgeschrittener Fäulnis möglich war. Die Versicherung erkannte den Tod als Stromunfall an und stützte sich dabei auf das Ergebnis der Ermittlungen der Staatsanwaltschaft, d.h. also auf die Feststellung einer fehlerhaften Montage der Leitung.

Versicherungsträger: Schlesische Feuer-Versicherung.

22. Henri G., 17 J., Schlosserlehrling

Unfall: 24.9.1959

Unfallquelle: Winde eines LKW

Ort: Hof einer Autoreparaturwerkstatt

Wechselstrom, 390 V

Stromweg: Hand - Fuß

Einwirkungsdauer: weniger als 1 Sekunde

Strommarken: keine

Versengung der Haare an der Streckseite
des Zeige- und Mittelfingers der rechten
Hand

Unfallhergang

G. war mit einem Kollegen mit Schweißarbeiten an einem LKW beschäftigt. Die Erdleitung des Schweißgerätes war an Metallteilen des LKW befestigt. Während G. die Winde des LKW betätigte, schrie er einmal auf und brach zusammen. Das Schweißgerät wurde gerade nicht benutzt. Toteinlieferung.

Technische Analyse

Der benützte Trafo wies einen Isolationsdefekt auf, der eine Verbindung zwischen Primär- und Sekundärspule herstellte. Die maximale Spannung der Primär-

wicklung beträgt 500 V, die der Sekundärspule 60-70 V. Durch den Isolationsdefekt wurden 390 V auf den LKW übertragen. Es entstand eine Berührungsspannung von 298 V. Schuhe, Strümpfe und Boden waren feucht.

Bemerkungen:

Der Unfall wurde als Stromunfall gemeldet und daraufhin die technischen Umstände untersucht. Die Voraussetzungen für einen tödlichen elektrischen Unfall waren eindeutig gegeben. Der TAD der Berufsgenossenschaft setzte einen Widerstand von 1340 Ohm voraus und errechnete eine Strommenge von 222 mA. Das gerichtsmedizinische Gutachten bestätigt die Wahrscheinlichkeit, nachdem die Obduktion keine andere Todesursache erbracht hatte.

Gesetzliche Unfallversicherung: Eisen- und Stahl-Berufsgenossenschaft.

23. Horst M., 36 J., Häftling

Unfall: 11.9.1959

Unfallquelle: elektrischer Kocher

Ort: Werkstatt in Tegel

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hand - Fuß

Einwirkungsdauer: wenige Sekunden

Strommarken: keine

Unfallhergang

M. wollte einen Eimer, der mit Wasser gefüllt von einem auf dem Boden stehenden Kocher heruntergefallen war, aufheben. Beim Berühren des Eimers bekam er einen Schlag, zuckte zurück und sagte: "Jetzt hab' ich aber

'n Ding weggekriegt!" Er näherte sich dem Eimer, trat dabei in die Wasserlache, griff in ein Drahtgitter hinter sich und brach zusammen.

Technische Analyse

Die Kochplatte war regelwidrig gebastelt:

1. Am Boden des Gerätes traten blanke Drähte heraus und hatten freien Kontakt mit dem Gerät.
2. Die Anschlußstifte für den Stecker hatten keinen Schutzmantel.
3. Körperschluß durch unvollkommene Isolierung der Verbindungen Heizkörper-Steckerstifte.

Es ist zu vermuten, daß M. den Eimer, der an der Kochplatte angelehnt lag, berührte und dabei gleichzeitig in die Wasserlache trat.

Obduktions-Nebenbefund

Erweiterung und Verstärkung des rechten Herzens.

Verhärtung der großen Baueingeweidedrüsen.

Histologische Untersuchung: Verfettung der Muskelfasern des rechten Herzens. Lichtungseinengung einer Kranzschlagader an einer Stelle bis auf die Hälfte.

Bemerkungen:

Im gerichtsmedizinischen Gutachten wurde darauf hingewiesen, daß das Herz zwar einen krankhaften Befund aufweise, daß dieser jedoch nicht ausreiche, um einen plötzlichen Tod aus natürlicher Ursache anzunehmen. Dagegen müsse bei dem Verhalten des Verunglückten und der Benutzung eines defekten Kochers ein Stromtod mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden.

24. Horst H., 26 J., Maurer

Unfall: 9.1.1960

Unfallquelle: Fräsmaschine

Ort: Baustelle, Raum im Neubau

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hände Füße

Einwirkungsdauer: wenige Sekunden

Strommarken: keine

Unfallhergang

Ein Kollege von H. steckte in eine Verlängerungsschnur das Kabel einer Fräsmaschine. Beim Hineinstecken mußte er Gewalt anwenden. Nachdem die Fräsmaschine nicht funktionierte, rief er H. Dieser nahm die Maschine mit beiden Händen und schrie: "Au, au, nehmt den Strom weg!" Dabei kippte er nach hinten gegen die Wand. Sein Kollege riß den Stecker aus der Kupplung, worauf hin H. zusammenbrach. Auf dem Transport habe H. noch geröchelt.

Technische Analyse

1. Der eine Stift des Steckers war durch Bruch der Halteplatte gelockert und schob sich beim Zusammenstecken so zurück, daß er mit der Klemme den Schutzleiter berührte.
2. Der Schutzleiter im Stecker des Holzbrettes war unterbrochen, so daß er seine Funktion nicht erfüllte. Einen Tag zuvor: Benutzung der Maschine durch einen Arbeiter mit Lederhandschuhen und Gummisohlen. Drei Tage zuvor Benutzung ohne Handschuhe, mit Gummisohlen.

Bemerkungen:

Der Unfallhergang ließ sofort an einen Stromunfall denken, was durch Unfallumstände, technische Analyse

und Ausschluß einer anderen Todesursache bestätigt wurde.

Ein gerichtsmedizinisches Gutachten wurde nicht angefordert.

Gesetzliche Unfallversicherung: Bau-Berufsgenossenschaft.

25. Helmut Sch., 39 J., Elektroschweißer

Unfall: 21.11.1966

Unfallquelle: Transformator

Ort: Prüffeld für 4 Trafos

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: linke Hand - Füße

Einwirkungsdauer: weniger als 1 Sekunde

Strommarken: keine

Unfallhergang

Sch. prüfte mit einem Kollegen die Spannung an einem Trafo. Während der Kollege am Schaltpult stand, sollte Sch. die zu messende Spannung durch Drehen am Schalter verändern nach Erlöschen der Warnlampe und Zuruf des Kollegen. Ohne auf den Zuruf gewartet zu haben, sackte Sch. mit einem Aufschrei zusammen.

Technische Analyse

Sch. arbeitete mit bloßen Armen. Vermutlich berührte er mit dem linken Arm, als er voreilig den Schalter betätigen wollte, die Niederspannungsdurchführungen der Trafos, die unter 220 V standen. Der Fußboden bestand aus Fertigbetonplatten.

Obduktions-Nebenbefund

feintropfige Verfettung des Herzmuskels, Leberzellen teils peripher, teils zentral grobtropfig verfettet.

Bemerkungen:

Der Unfall wurde als Stromtod gemeldet und untersucht. Die Voraussetzungen für einen tödlichen Stromdurchfluß waren gegeben, wenn, wie vermutet werden mußte, Sch. vor dem Erlöschen der Warnlampe mit noch Spannung führenden Teilen in Berührung kam.

Die sich aus der technischen Untersuchung ergebende Wahrscheinlichkeit wurde gestützt durch ein gerichtsmmedizinisches Gutachten, das den Ausschluß einer anderen Todesursache bestätigte.

Gesetzliche Unfallversicherung: Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik.

26. Heinz Z., 20 J., Arbeiter

Unfall: 27.7.1963

Unfallquelle: Bohrmaschine

Ort: Schuppen eines Bootshauses

Drehstrom, 380 V

Stromweg: Hand - Fuß

Einwirkungsdauer: weniger als 1 Sekunde

Strommarken: keine

Unfallhergang

Z. wollte einem Freund bei Bohrarbeiten helfen. Er nahm die Bohrmaschine in die Hand, während sein Freund den Stecker in eine Schukodose des Schuppens steckte. Dieser sah im selben Augenblick, wie Z. sich aufbäumte. Der Freund zog augenblicklich den Stecker heraus,

Z. ließ die Bohrmaschine fallen und stürzte zu Boden. Er versuchte sofort, wieder aufzustehen und sagte: "Das war aber ein bißchen stark!" Er sackte wieder in sich zusammen und führte, auf dem Boden liegend, krampfartige Bewegungen aus. Toteinlieferung.

Technische Analse

In der Steckdose war der Nulleiter angeschlossen, jedoch hatte er keine Verbindung mit dem Netz in der Verteilerdose. Beim Einschalten floß Strom über Schutzleiter, Gehäuse und über Z. zur Erde. Z. hatte 10 Min. zuvor gebadet und trug nur eine Badehose, so daß er besonders gut geerdet war.

Die Steckdose war häufig vorher benutzt worden, ohne daß ein Fehler bemerkt worden wäre.

Während der Fertigstellung der Arbeit kamen bis Mai 1970 noch 3 Stromunfälle hinzu.

Einer der Fälle soll wegen seiner für einen Niederspannungsunfall ganz ungewöhnlichen Verletzung der Laseuistik als Anhang beigelegt werden. Es handelte sich um

Frieda F., 51 J., Verwaltungsangestellte

Unfall: 11.5.1970

Unfallquelle: Tischlampe

Ort: Wohnzimmer

Wechselstrom, 220 V

Stromweg: Hand - Hand

Einwirkungsdauer: 12-14 Stunden

Strommarken: Abschmörung der rechten Hand im Handgelenk vom Unterarm bis auf eine dorsale Hautbrücke. Großflächige, fetzige Oberhautablösung an

linken Ober- und Unterarm, am rechten Unterarm und über beiden Handrücken. Verkohlungen im Bereich beider Handinnenflächen mit teilweise grünlicher Verfärbung.

Großflächige Oberhautablösung am äußeren oberen Quadranten der rechten Brust. (Abb.29,30)

Griffmarken an beiden Lampen

Unfallhergang

Frau F. wurde am 12.5.1970 um 8¹⁵ h von ihrem Sohn in ihrem Wohnzimmer tot aufgefunden. Sie lag auf dem Rücken, beide Arme vor dem Oberkörper angewinkelt. In der linken Hand hielt sie den Bronzeständer einer Tischlampe, in der rechten Hand den Metallständer einer kleinen Schreibtisch-Leselampe. Der rechte Unterarm befand sich in extremer Pronationsstellung, die Hand war im Handgelenk stark gebeugt.

Beide Lampen, die über einen Doppelstecker mit derselben Steckdose verbunden waren, waren nicht eingeschaltet.

Technische Analyse

Im Fassungsträger der Tischlampe war die Isolierbandwicklung vom Außenleiter abgerutscht, so daß dieser in Berührung mit dem Metallständer der Lampe geriet. Der Schutzleiter hing frei in der Fassung und stand nicht in Verbindung mit dem Metallgehäuse. Außerdem war der Schutzleiter sowohl im Schnurschalter als auch im Stecker abgeschnitten und nicht mit den dafür vorgesehenen Anschlußschrauben verbunden, so daß er seine Funktion nicht erfüllen konnte. Die Leselampe diente als "Erde", da hier das Schutzleitersystem intakt war.

Zu dem Unfall konnte es bei ausgeschalteter Tischlampe dadurch kommen, daß der Außenleiter im Schnurschalter nicht unterbrochen war.

Obduktions-Nebenbefund

Geringfügige Cor.Sklerose bei mäßiger allgemeiner Arteriosklerose. Kleine Myomknoten in der Gebärmutterwand.

Ergebnisse

Allgemeiner Überblick

Der Hauptanteil der Fälle wird durch Niederspannungsunfälle des technisch gebräuchlichen Wechsel- oder Drehstroms von 220 bzw. 380 V gebildet. Eine Ausnahme machen ein Hochspannungsunfall (20 KV), ein Unfall beim Schweißen (70 V) und ein Unfall durch Gleichstrom (780 V). Bis auf einen Verunglückten, der durch intrathorakale Herzmassage 3 Tage bewußtlos am Leben gehalten werden konnte, trat der Tod bei allen andern sofort ein.

Eine Analyse nach Geschlecht und Alter zeigt, daß einerseits der Anteil der Männer stark überwiegt, andererseits das Durchschnittsalter sehr niedrig liegt, s. Tab. II:

Tab. II: Geschlecht, Alter

Gesamtzahl	♂	♀	bis 40 J.	über 40 J.	Durchschnittl. Alter
26	22	4	23	3	ca. 30 J.
	1 Kind		Durchschnittsalter 25,5 J.		

Dies Ergebnis entspricht einer Untersuchung von 64 tödlichen elektrischen Unfällen durch K l e i n (K l e i n 1967). Der Anteil elektrischer Unfälle bei häuslichen Beschäftigungen liegt, ebenso wie bei K l e i n , niedrig, s. Tab. III:

Tab. III: Beschäftigung während des Unfalls

Betrieb	Privathaushalt	Private Ba- stelarbeiten	Strafan- anstalt	autoeroti- sche Be- tätigung
10	7	7	1	1

Das überwiegende Betroffensein von Männern erklärt sich aus der Häufigkeit der Unfälle in Betrieben. Auch private Bastelarbeiten mit elektrischen Geräten werden wohl kaum von Frauen ausgeführt. Ob bei dem niedrigen Durchschnittsalter Leichtsinn eine Rolle spielt, wird vom Institut für elektrische Unfälle (Ergebnisse der technischen Fragebogenaktion vom 1.7.1966-30.6.1967) in Betracht gezogen, läßt sich jedoch aus den Ergebnissen dieser Arbeit nicht ableiten.

Bei den Unfällen im Betrieb waren 6 Elektrotechniker betroffen. K l e i n und M o r s e (K l e i n 1967) geben für tödlich verunglückte Betriebselektriker einen Prozentsatz von 37 % an.

Die Untersuchung der Unfallursache ergibt, daß Fahrlässigkeit leider an der Spitze steht. Es handelt sich hierbei um leichtsinniges Hantieren mit elektrischen Geräten, wobei der Betreffende selbst ums Leben kam (Gruppe a). In diese Gruppe gehören auch die 6 Berufselektriker. Zur Unfallursache vgl. Tab. IV:

Tab.IV: Unfallursache

a) Fahrlässigkeit	b) Zusammentreffen ungünstiger Umstände	c) Fehlerhafte Leitungsanlage
13	9	4

Unter Gruppe b) werden Isolationsdefekte an elektrischen Geräten, die sich durch langen Gebrauch entwickelten und nicht bemerkt wurden, zusammengefaßt.

Mit "fehlerhafter Leitungsanlage" ist fahrlässige Installation von elektrischen Leitungen gemeint, wodurch ein anderer Unfallopfer wurde. Es wurde 2 mal Nulleiter und Außenleiter verwechselt, einmal der Nulleiter nicht ans Netz geschlossen und einmal eine Leitung genau in der Höhe der Handbrausenhalterung unter Putz verlegt. Der Schuldige konnte nur 2 mal ermittelt werden.

Verhalten der Verunglückten

Bereits 1905, auf der Ersten Tagung der Deutschen Gesellschaft für gerichtliche Medizin, beschrieb K r a t t e r sehr anschaulich seine Beobachtung bei Personen, die von einem tödlichen elektrischen Schlag getroffen wurden: "... entweder die Menschen stürzen (nicht selten mit einem Aufschrei) zusammen... und geben kein Lebenszeichen mehr von sich - sie sind tatsächlich blitzartig zugrunde gegangen - oder sie sind bewußtlos, soporös, röcheln und sterben unter zunehmender Cyanose" (K r a t t e r , J. und J e l - l i n e k , S. 1906). An dieser Beobachtung hat sich während der letzten 60 Jahre trotz genauerer Aufklärung der Todesursache nichts geändert.

Von forensischer Bedeutung ist die Tatsache, daß der tödliche Verunglückte evtl. noch einige Schritte gehen kann und sich dadurch von der Unfallquelle entfernt.

In unserer Kasuistik bestätigen sich die Beschreibungen in der Literatur über das Verhalten der Verunglückten. Von den 19 Fällen, bei denen während des Unfalls Zeugen zugegen waren, wird 15 mal berichtet, daß der Verunglückte Schreie ausstieß, ehe er zusammenbrach.

In 5 Fällen (Nr. 8, 17, 23, 24, 26) sagte der Verunglückte noch etwas, was mit "Strom" zusammenhängt. Bemerkenswert ist der Fall Nr. 26, wo der Verunglückte mit den Worten: "Das war aber ein bißchen stark", aufstehen wollte, aber dann doch zusammenbrach.

Das beschriebene Verhalten erklärt sich aus der Todesursache, dem Eintreten von Herzkammerflimmern, worauf weiter unten eingegangen wird.

Obduktionsbefund

Der Todesursache durch Kammerflimmern entspricht der Obduktionsbefund. In allen Fällen fand sich das klassische Bild des akuten Herztods: Dilatation des Herzens, flüssiges Blut in den Blutleitern, Hyperämie der inneren Organe. Als auffallend aber nicht spezifisch beschreibt K o e p p e n (1955) eine starke Blutüberfüllung des gesamten venösen Systems und kleinste perivaskuläre Blutaustritte auf Pleura und Perikard. Wesentlich ist, daß keine faßbare anatomische Ursache festgestellt wird.

Aufgrund der oft schwierigen Aufklärung eines Stromtods und in der Annahme einer besonderen Wirkungsweise des elektrischen Stroms wurde in den letzten Jahrzehnten intensiv nach spezifischen morphologischen Veränderungen gesucht, vor allem im Bereich des Herzens, des Gefäßsystems und des ZNS.

J e l l i n e k (1903, 1908) hielt spiralig gedrehte Muskelzellen im Herzen und in der Gefäßwand für spezifisch. Besondere Bedeutung maß er Blutungen im ZNS bei, in denen er die primär zentrale Wirkung des Stroms mit Atemlähmung als Todesursache bestätigt sah.

Die fragmentatio der Herzmuskelfasern wurde vor mehreren Jahrzehnten von K a w a m u r a (1921) und P i e - t r u s k y (1938) für elektrospezifisch gehalten.

K r a t t e r (1894) und J e l l i n e k (1903) beobachteten petechiale Blutungen am Boden des 3. und 4. Ventrikels. H a l l e r v o r d e n (1952) hält diese Blutungen für agonale Veränderungen, S c h r i d d e (1932) für Artefakte. S c h r i d d e fand selbst keine Blutungen im ZNS. Sämtliche Befunde hielten vergleichenden Untersuchungen nicht stand.

Die Wirkung technischer Elektrizität auf den menschlichen Körper.

Die Entwicklung der Elektrophysiologie hat in den letzten Jahren neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Wirkung des Stroms auf das Herz gebracht. Es seien deshalb die wichtigsten Ergebnisse der Literatur zum besseren Verständnis der Kasuistik erwähnt.

Die Aufklärung eines elektrischen Unfalls setzt voraus, daß der Beurteiler sowohl von medizinischen als auch von physikalisch-technischen Vorstellungen ausgeht (L o b 1968). A l v e n s l e b e n war der Erste, der die physikalischen Gesetzmäßigkeiten systematisch untersuchte und auf die Notwendigkeit ihrer Kenntnis für den Mediziner hinweist (1932). Forscher wie G i l d e m e i s t e r , P a n s e , F r e i b e r - g e r und K o e p p e n wurden durch ihn angeregt.

Physikalische Erläuterungen

Die drei Grundbegriffe: Spannung = U, Stromstärke = J und Widerstand = R sind über das Ohmsche Gesetz miteinander verbunden: $J = \frac{U}{R}$. Ausschlaggebend für die Schädigung des menschlichen Organismus ist die Stromstärke bzw. Stromdichte.

Ist die Spannung meist leicht festzustellen, so ist die Bestimmung des Widerstandes, der durch den dazwischengeschalteten Menschen dargestellt wird, schwierig. Der menschliche Widerstand setzt sich zusammen aus dem Körper-Innenwiderstand und dem Hautwiderstand an den Berührungsstellen mit dem Strom. Hinzu kommen Übergangswiderstände wie Kleidung, Schuhe oder die Beschaffenheit des Fußbodens. Dieses komplizierte, variable Widerstandssystem ist die Ursache dafür, daß dem elektrischen Unfall lange etwas Heimtückisches, Mystisches anhaftete. Es ist klar, daß es zunächst unerklärlich scheint, wenn derselbe defekte Bohrer wochenlang benutzt wird, bis sich eines Tages der tödliche Unfall ereignete.

J. e l l i n e k (1931) prägte deshalb den Begriff der "Strombereitschaft" und sprach sogar vom "Vorschaltwiderstand der Aufmerksamkeit". Diese These wird von K o e p p e n abgelehnt. Er widerlegt sie in seiner Elektro-Pathologie (1955) mit einem Beispiel, wo ein junger Mann bei absichtlicher Berührung einer elektrischen Leitung tödlich verunglückte.

Lassen sich Übergangswiderstände wie Gummisohlen oder Handschuhe nachträglich durch Messungen feststellen, so muß der Hautwiderstand geschätzt werden, da die Beschaffenheit, d.h. Temperatur und Feuchtigkeit sich nach dem Tode ändern. Dazu bedarf es nach K o e p p e n "einiger Erfahrung".

Freibergers Messungen des menschlichen Widerstandes an Leichen und Lebenden (1934) geben einen Einblick in die Größenordnungen der Widerstände und ihre Variabilität durch verschiedene Einflußgrößen. Die gefundenen Spannungscharakteristiken gleichen in ihrem Verlauf der physikalischen Erscheinung eines elektrischen Durchbruchs eines Halbleiters (s. Abb. 3, Kurve 1 und 2).

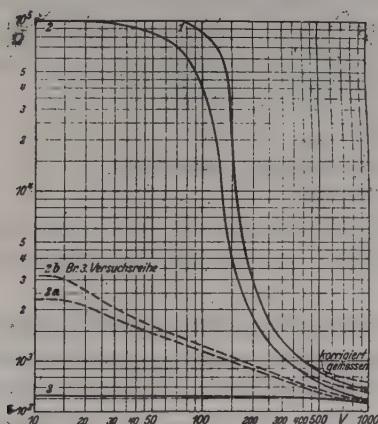


Abb. 9. Versuche mit und ohne Epidermis, Obj. 52.

	Stromweg	Bedingung
1	Hd; link. Hd. — recht. Fuß	mit Haut
2	Br; rech. Hd. — link. Fuß	mit Haut
3	Bk; link. Hd. — recht. Fuß	ohne Haut

Elektroden 10a—12

Abb. 3 aus Freiburger 1934

Die Vermutung, daß die Haut diesen Halbleiter bzw. Isolator darstellt, wurde bestätigt durch Messungen bei entfernter Haut (s. Kurve 3), bei denen der Widerstand sich bei steigender Spannung konstant verhält.

Der Durchbruch der Haut vollzieht sich in den technisch gebräuchlichsten Spannungsbereichen von 100-250 V. Der Hauptwiderstand der Haut sitzt im stratum corneum, weshalb verschwielte Hautstellen, wie sie an Handinnenfläche und Fußsohle zu finden sind, Widerstandswerte bis zu 500.000 Ohm ergeben.

Isolierte Messungen des Körperinnenwiderstands zeigten, daß dieser sich nahezu konstant verhält, und zwar vergleichbar mit einer 0,3 prozentigen Salzlösung. Temperatur und Bau der Gelenke erwiesen sich als Einflußgrößen. F r e i b e r g e r fand folgende Mittelwerte: Stromweg:

Hand-Hand: 1000 Ohm

Hand-gegenüberliegender Fuß: 1000 Ohm

Hand-beide Füße: 750 Ohm

Unterarm-Unterarm: 565 Ohm (Keine Hand- oder Fußgelenke in der Strombahn).

Der Einfluß von Elektrodengrößen, Feuchtigkeit, Berührungsfläche macht sich nur beim Gesamtwiderstand bemerkbar. So betrug der Widerstand bei trockenen Elektroden 10.000 Ohm, bei feuchten 4000 Ohm beim Stromweg Hand-Hand.

Da die Haut ein inhomogenes Gebilde ist und beim Leben den Bedingungen wie Konstanz der Temperatur, der Feuchtigkeit und des Anpreßdrucks unmöglich hergestellt werden können, wurden von F r e i b e r g e r keine Beziehungen zwischen Widerstand und den genannten Einflußgrößen aufgestellt.

Bei der Messung von Absolutwerten des Gesamtwiderstandes bei 2500 Einzelversuchen ergaben sich jedoch ähnlich verlaufende Mittelwertskurven bei verschiedenen Stromwegen (s. Abb. 4).

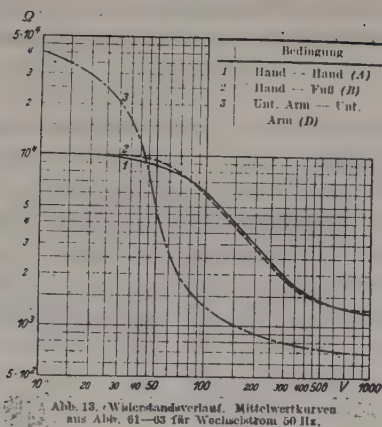


Abb. 4 aus Freiburger 1934

Zur groben Orientierung bei elektrischen Unfällen stellte Freiburger folgendes Schema auf: (s. Abb. 5)

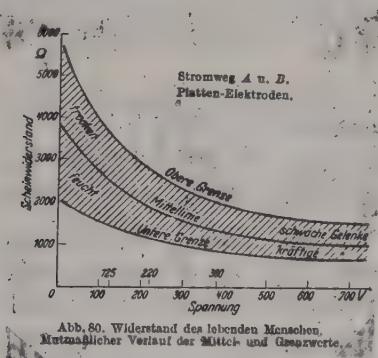


Abb. 5 aus Freiburger 1934

Je nach Beschaffenheit der Haut und des Körperbaus kann von der Mittellinie nach oben oder unten abgewichen werden. Anhand dieser Überlegungen läßt sich die Menge des Stroms annähernd bestimmen und damit der Grad der Schädigung.

Da die Stromstärke den Grad der Schädigung bestimmt, diese aber eine Funktion der Spannung und des Widerstandes ist, läßt sich nicht mit Bestimmtheit voraussagen, welche Spannungshöhe tödlich wirkt. Eine Spannung von 70 V kann lebensgefährlich sein, wenn bei starker Durchfeuchtung der Haut und großer Berührungsfläche der Gesamtwiderstand 700 Ohm beträgt. Nach dem Ohmschen Gesetz

$$\frac{U}{R} = I, \text{ also: } \frac{70 \text{ V}}{700 \text{ Ohm}} = 0,1 \text{ A}$$

resultiert eine Stromstärke von 100 mA, die zu irreversiblen Kammerflimmern führt (s. Kap. IV: Physiologie der Todesursache). Ein solches Zusammentreffen von niedriger Spannung und niedrigem Widerstand lag beim Fall Nr. 20 der Kasuistik vor.

Ein anderer Fall der Kasuistik (Nr. 14) ereignete sich bei einer Hochspannung von 20 KV. Hier wurde ein Gesamtwiderstand von 100.000 Ohm angenommen. Bei Anwendung des Ohmschen Gesetzes

$$\frac{20.000 \text{ V}}{100.000 \text{ Ohm}} = 0,2 \text{ A}$$

läßt sich eine Spannung von 200 mA errechnen, die ebenfalls zum Sekundenherztod durch Kammerflimmern führte.

Ein 3. Beispiel ist der Fall Nr. 6. Die Spannung betrug 220 V, der Widerstand war stark herabgesetzt, da Badewasser die Haut durchfeuchtet und eine große Berührungsfläche darstellt. Bei Annahme eines Widerstandes von 700 Ohm:

$$\frac{220 \text{ V}}{700 \text{ Ohm}} = 0,31 \text{ A}$$

kann eine Durchströmung von ca. 300 mA vermutet werden.

Hält man sich an das Schema von F r e i b e r g e r (Abb. 5), so findet man bei 220 V einen Mittelwertswiderstand von ca. 2000 Ohm, so daß gerade bei dieser gebräuchlichen Spannung mit einer Stromstärke von ca. 100 mA gerechnet werden muß.

Die Todesursache durch elektrischen Strom

In den ersten Jahrzehnten der elektropathologischen Forschung bestanden Meinungsverschiedenheiten über die Todesursache beim elektrischen Unfall. K r a t t e r , der als erster physiologische Versuche zur Analyse des Stromtods machte, vertrat 1894 die Auffassung, daß es sich um eine Atemlähmung handle. J e l l i n e k fußte darauf und sprach von Scheintod. Während P a n - s e (1930) die vasomotorischen Vorgänge in den Vordergrund stellte und von "übergeordnetem Absterbevorgang" sprach, wurde von B a t e l l i (1899) P r é v o s t (1899) , G i l d e m e i s t e r (1922) und B o - r u t t a u (1918) tierexperimentell und aufgrund von Beobachtungen nachgewiesen, daß es sich bei der Todesursache um Kammerflimmern handelt.

Mit der Entwicklung der Elektrophysiologie wurden die Vorgänge durch S c h a e f e r (1958) genauer erklärt. Nach S c h a e f e r ist die Todesursache beim elektrischen Unfall in 70 % Kammerflimmern, in 30 % Herzstillstand. Über das Herz fließen je nach Stromrichtung 3-10 % der Gesamtstrommenge. Dieser Stromanteil führt zu einer fraktionierten Erregung der verschiedenen verlaufenden Herzmuskelfasern, die sich in der Diastole ausbreiten kann. Eine Erregung kann nur ausgelöst werden,

wenn der Strom in die refraktäre, vulnerable Phase des Erregungsablaufs fällt, d.h. vom Beginn bis zum Höhepunkt der T-Zacke.

Von F r e i b e r g e r (1934) wurde gemessen, daß die Berührungsdauer bei blitzartigem Zurückzucken 0,2-0,3 sec. beträgt. Nach K o e p p e n s Experimenten an Hunden ist dies gerade die kritische Durchflußdauer beim Stromstärkebereich III, bei der das Kammerflimmern ausbleiben kann.

Nach A n t o n i (1967) müssen aufgrund neuerer Erkenntnisse folgende Voraussetzungen für das Kammerflimmern angenommen werden, die auf einer Veränderung der Ionen-durchlässigkeit der Membran beruhen:

1. Starke Verkürzung der Erregungs ('Aktions-Potential') -dauer und damit auch der Refraktärzeit.
2. Ein Funktionswandel des gewöhnlichen, nicht-automatischen Arbeitsmyocards zum erregungsbildenden Gewebe.

Abb. 6 zeigt das Verhalten des Herzens im Normalzustand und beim Kammerflimmern. Im EKG entstehen beim Flimmern irreguläre Ausschläge, die Einzelfasererregung bietet stark verkürzte Erregungspotentiale und statt einer Kontraktion bringen die Herzmuskelfasern nur noch wellenartige, kurz aufeinanderfolgende Zuckungen zustande. Die schraffierte Fläche kennzeichnet die vulnerable Phase.

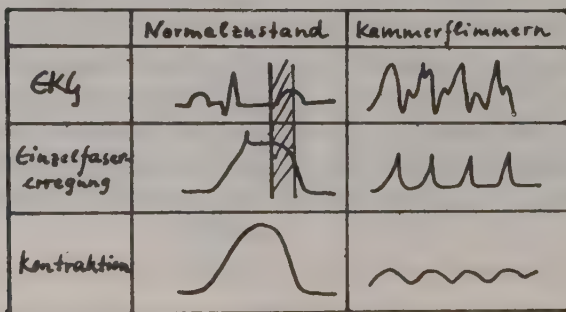


Abb. 6: Verhalten der Herzmuskelfasern im Normalzustand und beim Kammerflimmern (nach Antoni 1967)

K o e p p e n s Einteilung in Stromstärkebereiche und deren Beziehung zur Wirkung aufs Herz sei hier vereinfacht wiedergegeben:

Tab. V:

Physiologische Reaktionen von Herz und Kreislauf bei den einzelnen Stromstärkebereichen: Versuche an Hunden (modifiziert nach K o e p p e n)

Physiologische Reaktionen von Herz und Kreislauf bei den einzelnen Stromstärkebereichen: Versuche an Hunden (modifiziert nach KOEPPEN)

Stromstärkebereich	Stromstärke		Primäre Wirkungen auf Herz und Kreislauf	Zeitfaktor und Verlauf
	Gleichstrom	Wechselstrom		
I	bis 80 mA	bis 25 mA	vorübergehender Blutdruckanstieg	
II	80-300 mA	25-80 mA	Blutdruckanstieg, vorübergehender Herzstillstand; Arrhythmie	Wechselstrom ab 30 sec. Herzstillstand; irreversibles Kammerflimmern
III	zwischen 300 mA und 3-8 A	zwischen 80 mA und 3-8 A	In der Regel irreversibles Kammerflimmern	0,1-0,3 sec. kein Kammerflimmern
IV	über 3 A		Blutdruckanstieg, vorübergehender Herzstillstand; Arrhythmie	Einwirkung einige sec. kein Kammerflimmern, Spätod an Verbrennung

Tab. V

Der zu beobachtende Blutdruckanstieg ist nicht, wie früher angenommen, auf eine direkte Wirkung des Stroms auf die Gefäße zurückzuführen, sondern ist auf die mechanische Zusammenpressung der Gefäße durch Muskelkontraktion bedingt und durch Curare aufhebbar.

Bei Hochspannungsunfällen erfolgt der Tod meist wegen der starken Verbrennungen. M e i x n e r , der aus den Jahren 1927-45 über 34 Todesfälle durch Hochspannung berichtete (1947), stellte fest, daß von 28 durch Spannungen zwischen 15 000 und 120 000 V Getöteten nur 4 sofort tot waren. 24 erlagen in einem Zeitraum

von 1 Tag bis zu 6 Monaten ihren ausgedehnten Verbrennungen. Von 6 tödlichen Unfällen bei Spannungen zwischen 1000 und 5000 V starben 5 sofort, während der 6. nach 2 Stunden durch einen Schädelbruch zu Tode kam. Die sofort Verstorbenen zeigten nur Strommarken, keine größeren Verbrennungen. M e i x n e r schließt selbst daraus, daß es sich in diesen Fällen um "Herzlähmung" gehandelt haben muß.

Nach K o e p p e n s Beobachtung (1955) trat nur in 5 von 158 Hochspannungsunfällen akuter Herztod in Form von Kammerflimmern auf.

Zu wenig beachtet wird nach L e e (1965) der Tod durch Asphyxie bei längerer Einwirkung von 20-30 mA. Diese Ursache wird bei der Obduktion nicht deutlich, da durch Verhinderung der Inspiration die Zeichen der Erstickung fehlen.

Zur Morphologie der Strommarke

Die Strommarke gilt auch heute noch als spezifische Verletzung des elektrischen Unfalls. Die Diskussion, ob zwischen einer rein thermischen und einer elektrothermischen Verletzung morphologisch ein Unterschied besteht, ist allerdings noch nicht abgeschlossen.

Im histologischen Schnitt stellen sich folgende wesentliche Merkmale dar:

1. Koagulierung und Zusammensinterung der Hornschicht
2. Hitzewaben in der Hornschicht und meistens eine Abhebung der Epidermis vom Corium
3. Fadenförmig ausgezogene "palisadenartig" angeordnete Zellen des stratum germinativum.

Die Homogenisierung und Zusammensinterung der Hornschicht ist in den Abbildungen 7 - 11 gut zu erkennen. Diese histologischen Schnitte wurden von Fall Nr. 12 gemacht, bei dem makroskopisch eine uncharakteristische Hautveränderung, ein scharfer, schwarzer Strich zwischen dem 2. und 3. Finger der rechten Hand beschrieben wurde.

Im Bereich der Strommarke (Abb. 7) ist die Hornschicht deutlich flacher als die Umgebung und von optisch leeren Räumen, den Dampfblasen, von S c h r i d d e als "Hitzewaben" (1932) bezeichnet, durchsetzt. Abb. 10 zeigt eine aufgelagerte Verklumpung der Hornschicht. Die Abb. 12 stammt von einer Strommarke durch Blitz, bestätigt aber mit besonderer Deutlichkeit die Theorie F r e i b e r g e r s zur Entstehung der Hitzewaben (1934). F r e i b e r g e r nahm an, daß die sekretgefüllten Ausführungsgänge der Hautdrüsen bei der Entstehung der Strommarke insofern eine Rolle spielen, als sie Stellen schwächerer Isolation sind. Die hier entstehende Wärme kann nicht schnell genug abgeführt werden, es kommt zur explosionsartigen Verdampfung der Flüssigkeit, wodurch die umliegenden Zellschichten in Mitleidenschaft gezogen werden.

Das Auseinanderweichen von Epidermis und Corium gibt Abb. 8 wieder. Hier, in der untersten Zellschicht der Epidermis finden sich die Zellkerne des stratum germinativum strichartig in die Länge gezogen.

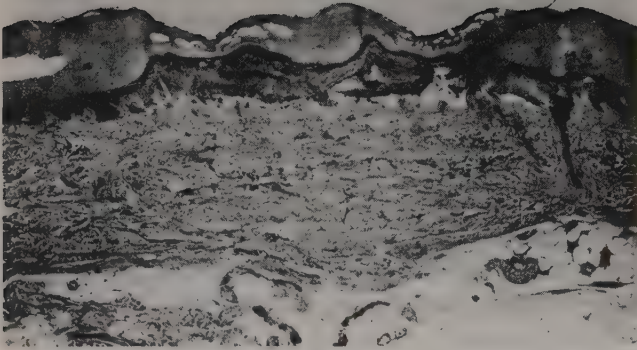


Abb. 7: Fall 12, Haut quer, 27:1

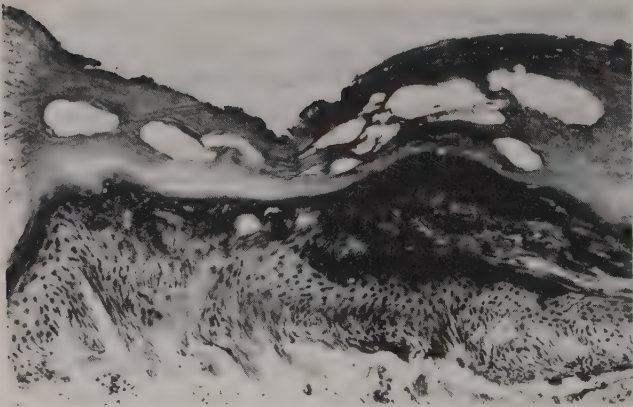


Abb. 8: Fall 12, Haut quer, 70:1

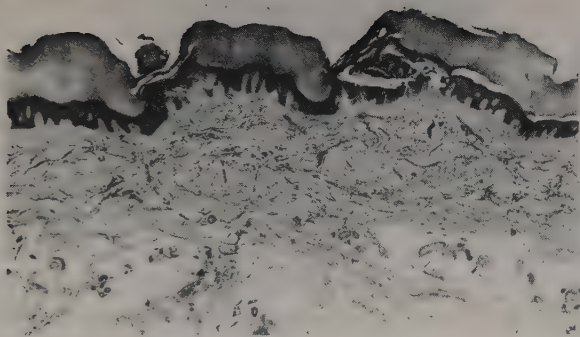


Abb. 9: Fall 12, Haut längs, 10:1

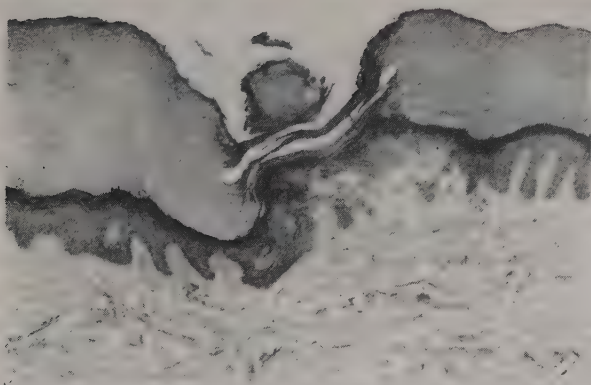


Abb. 10: Fall 12, Haut längs, 40:1

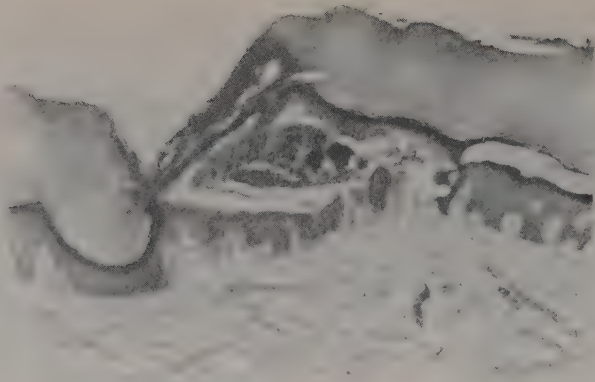


Abb. 11: Fall 12, Haut längs, 40:1



Abb. 12: Strommarke durch Blitz

Das Phänomen der Kernelongation führte J e l l i n e k auf eine spezifische Wirkungsweise der Elektrizität zurück.

Jedoch hielt schon M e i x n e r (1922) dem entgegen, daß sich die palisadenförmigen Zellen durch Wärme erzeugen ließen. Später stellten sich S c h r i d d e (1932) und K o e p p e n (1963) auf den Standpunkt, daß die Strommarke eine lokale thermische Läsion aufgrund der sich bildenden Jouleschen Wärme sei. K o e p p e n (1963) vergleicht die Strommarke mit der Wirkung, die in der Schmiede herumfliegende glühende Metallteilchen hervorrufen können.

Messungen der Gewebstemperatur zeigten eine Erwärmung auf 100°C bereits bei einer Durchflußzeit von 0,5 sec und einer Stromstärke von 150 mA, was eine thermische Läsion erwarten läßt (S e l l i e r 1966). Eine eindeutige Korrelation zwischen Intensität der Hautschädigung und Entwicklung Joulescher Wärme wiesen G a n a l e und Mitarbeiter (1966) durch phasenkontrast- und fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen nach.

Nachdem S c h w e r d (1966) experimentell darstellte, daß sogar durch mechanische Einwirkung, durch Austrocknung und Kälte makroskopisch und mikroskopisch strommarkenähnliche Hautveränderungen hervorzurufen sind, wurde die Beweiskraft der Strommarke stark eingeschränkt.

In den Jahren 1951-66 wurde insgesamt 6 mal über Mord, Mordversuch und Mordverdacht berichtet. Die hohen Anforderungen im Strafverfahren an die Beweiskraft von Indizien führte zu neuerlichem Suchen nach einer elektro-spezifischen Veränderung der Haut.

B ö h m nennt aufgrund seiner Untersuchungen (1966,67 68) 3 spezifische Merkmale der Strommarke:

1. Brot- oder Rundform der Nekrose
2. Diskontinuität der Nekrose
3. Metallisation

Diese 3 Merkmale resultieren aus der Entstehungsweise der elektrischen Schädigung. Böhm zeigt, daß bei **kurzen** Stromflußzeiten die ersten Durchtrittsstellen und Nekrosen am Rand der Elektrode entstehen. Da die Joulesche Wärme sich nach dem Prinzip des geringsten Widerstandes ausbreitet, entsteht kugelschalenförmig um die Nekrosen der Elektrodenrandgebiete herum eine thermische Schädigung. Auf diese Weise bildet sich bei längerer Stromflußzeit eine von der Hautoberfläche zur Tiefe hin divergierende Rundform aus. Die Bezeichnung "Brotform" wurde bereits von S c h m i d t (1964) gebraucht.

Da in den mittleren Bezirken der Elektrode die Wärmeentwicklung weniger stark ist, finden sich in den entsprechenden Hautbezirken weniger intensive Nekrosen. Dies bezeichnet B ö h m als "Diskontinuität der Nekrosen" im Gegensatz zur kontinuierlichen, zur Gewebs-tiefe hin konvergierenden schüsselförmigen Nekrose bei Kontaktbrandwunden.

S c h r a d e r (1932) beschrieb Einlagerungen von Metallpartikelchen im Hautbindegewebe, in der Muskulatur und im Verlauf von Haarschäften, die er für "Wegspuren der Elektrizität" hielt, d.h. für einen Metalltransport von Elektrode zu Elektrode. Diese Metallab-lagerung wurde von anderen Autoren nicht beobachtet. B ö h m , der sich mit der Mikrostruktur der Strommarke beschäftigte, stellte fest, daß sich die elektrische Läsion aus kleinen Perforationen, umgeben von einem dunklen Metallisationssaum, zusammensetzt. Die Vermutung, daß es sich bei diesen Mikroperforationen um

Mikro-Lichtbogeneffekte handelt, konnte er fotografisch bestätigen (1967). Den Nachweis, daß entsprechend hohe Temperaturen zustande kommen, erbrachten Schmelzeffekte von Kupfer, dessen Schmelzpunkt bekanntlich bei 1083° liegt. Diese Erwärmungen entstehen jedoch nur lokal, während die Gesamtaufheizung der Elektrode, wie S e l l i e r (1966) sie untersuchte, niedriger liegt.

Für den Metallisationseffekt sind elektro-chemische Prozesse im Zusammenhang mit den Lichtbogen anzunehmen (B ö h m 1969). Das Metall ist teilweise atomar, teilweise in verschiedenen Oxidationsstufen abgelagert, was bei epimikroskopischer Betrachtung ein buntes Bild ergibt. An den entsprechenden Stellen des metallischen Leiters lassen sich mit dem Rasterelektronenmikroskop Erosionen erkennen. Die Ablagerung von Metall in Form von Metallkugeln und -Schüppchen um Perforationen herum, die man vorwiegend in Strommarkenrandgebieten findet, konnte B ö h m bei rein thermischer Einwirkung nicht beobachten.

Da die Stromdurchtrittsstellen zuerst im Elektrodenrandgebiet auftreten, prägt sich die Form des Leiters ab. B ö h m beschreibt ein Beispiel (1969), wo die Form des Leiters erst nach Sichtbarmachen der Metallisation mit Rubenwasserstoff zu erkennen ist.

P i o c h (1968) betont ebenfalls den Unterschied zwischen der kompakten Metallisation bei Kontaktbrandwunden und der unregelmäßigen Metallablagerung bei Einwirkung von elektrischem Strom. Außerdem findet er im histologischen Schnitt mit Hilfe des Sulfid-Silberverfahrens Metallablagerungen in vorgebildeten Hohlräumen der Hautanhangsgebilde, was er auf die Wirkung von Mikro-Funken zurückführt.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß im Schrifttum das Hauptaugenmerk auf die Diagnose der Strommarke gerichtet ist. Dies Bemühen ist verständlich, wenn bei schwielereichen Arbeitshänden oder rein mechanischen Verletzungen wie Schürfungen, Schrunden oder Hautvertrocknungen ist die Differentialdiagnose von großer Bedeutung. Die Problematik beginnt vor allem dann, wenn sich die Frage stellt, ob es sich bei einer thermischen Verletzung um eine "gewöhnliche" oder eine elektrische Hitzeeinwirkung gehandelt hat. Bisher ist eine klare Entscheidung noch nicht möglich, wenn auch gerade in den letzten Jahren B ö h m die oben beschriebenen Unterscheidungsmerkmale betont hat.

Über diese wichtigen Grundfragen hinaus ergibt die sorgfältige morphologische Analyse von Strommarken wertvolle Anhaltspunkte für die Rekonstruktion des Unfallhergangs.

Es fehlt nun im Schrifttum nicht an Hinweisen auf die klassische Form der Strommarke, die charakterisiert wird durch einen wallartigen, scharfen Rand mit eingesunkenem, bräunlich verkohltem oder vertrocknetem Zentrum, und auf die Bedeutung der Strommarke für die Rekonstruktion des Unfalls. Hier sei aber eine Kritik erlaubt. Man stößt in Lehrbüchern oft auf Beschreibungen, die von "porzellanartigen" Veränderungen sprechen. Dies kann die falsche Vorstellung hervorrufen, es handle sich um eine weiße, harte Veränderung. Die Bezeichnung "pergamentartig" erscheint uns besser, jedoch auch nicht geeignet, eine der Wirklichkeit entsprechende Vorstellung hervorzurufen.

Eine zusammenfassende Interpretation der mit freiem Auge erkennbaren morphologischen Besonderheiten und deren Variationsbreite ist in der Literatur nicht vorhanden. Deshalb soll anhand der Fälle der Kasuistik der

Versuch unternommen werden, die Vielfalt der morphologischen Ausprägungen und einige gemeinsame Züge zu zeigen.

Für die Einteilung der Strommarken bietet sich zunächst als gemeinsames Kriterium die Zeiteinwirkung an, soweit diese nachträglich aus den Umständen abgeleitet werden konnte. Eine scharfe Abgrenzung der Durchflußzeiten ist verständlicherweise nicht möglich, jedoch sprachen stärkere Verkohlungen für längere Einwirkungsdauer.

Es muß vorausgeschickt werden, daß komplizierte Untersuchungen wie B ö h m sie in den letzten Jahren durchführte, nicht gemacht werden konnten, da es sich um Fälle eines Zeitraums von 10 Jahren handelt. Diese Untersuchungen wären auch nicht erforderlich gewesen.

Die Strommarken der Abb. 13 - 23 entstanden bei relativ kurzer Einwirkung, d.h. innerhalb weniger Sekunden. Der Verunglückte brach entweder sofort nach der Berührung zusammen oder ein Zeuge unterbrauch aufgrund eines Hilfeschreis die Stromzufuhr so schnell wie möglich.

In dieser Gruppe finden wir sehr kleine Hautveränderungen, deren Struktur z. T. nur mit der Lupe erkannt werden kann. Die Strommarke der Abb. 13 befindet sich an der linken Hand des Joachim U. (Fall 16), der damit einen Bananenstecker einer unter Strom stehenden Flexoleitung umfaßte. Es handelt sich also um die Berührungsstelle.

Wir halten es für unexakt, von "Ein-" und "Austrittsstellen" des Stroms zu sprechen wie manche Autoren es tun, da dies bei Wechselstrom nicht zutrifft. Außerdem ist bei Wechselstrom ein morphologischer Unterschied, der sich aus der Bewegungsrichtung ergibt, nicht zu erwarten. Wir ziehen daher die Bezeichnung "Berührungs-" und "Erdungsstelle" vor. Bei Gleichstrom allerdings findet B ö h m (1969) in der positiven Marke mehr Schrumpfung, Kompression und Koagulation und in der negativen Marke mehr Quellung, Auflockerung und Kolliquation.

Abb. 13 bietet weitgehend die klassische Ausprägung der Strommarke, wie sie in den Lehrbüchern beschrieben wird: Ein leicht aufgeworfener, gelblich erscheinender Rand umgibt ein etwas dunkleres, eingesunkenes Zentrum. Die Hornschicht ist durch Hitzewirkung geschmolzen und verformt. Die Aufwerfung am Rand erklärt sich aus der Bildung der Hitzewaben, die die geringe Dichte und damit die hellere Farbe bedingen. In der Mitte, am Ort größter Hitzeentwicklung, ist die Hornschicht zusammengesintert und leicht angekohlt.

Ganz anders sieht die Berührungsstelle am gegenüberliegenden Zeigefinger aus (Abb. 14). Hier kann man von "wallartigem, scharfem Rand" nicht sprechen. Die Papillarleisten sind durch den Schmelzeffekt so verschoben, daß die dadurch entstandene Form an einen stromführenden Leiter von schmaler, länglicher Gestalt, es handelte sich um einen Bananenstecker, erinnert.

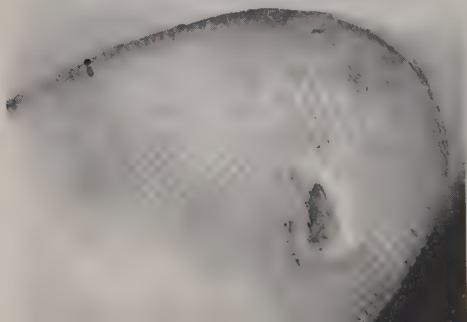


Abb. 13:
Fall 16,
linke Daumen-
kuppe

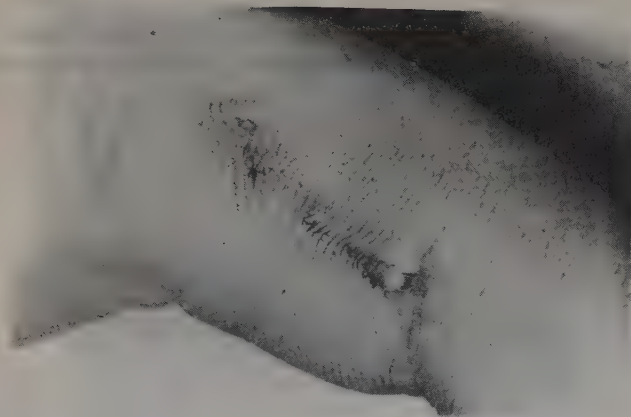


Abb. 14 Fall 16, Mittelglied des linken Zeigefingers

Am rechten Daumenballen (Abb. 15), an dem sich nach den Umständen die Erdungsstelle befand, ist die Hornschicht unregelmäßig aufgeworfen. Im Zentrum sind die Papillarleisten verstrichen. Die schwarzen Punkte entsprechen den Durchschlagsstellen elektrischer Funken, wie B ö h m sie beschreibt (1967 Strom- und Wärmemarken).

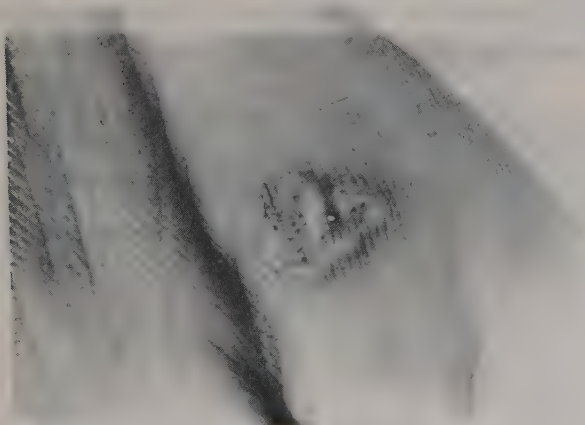


Abb. 15 Fall 16, rechter Daumenballen

Eine durch ihre Winzigkeit imponierende Strommarke zeigt Abb. 16. Hier handelt es sich um die Erdungsstelle des einzigen Gleichstromunfalles der Kasuistik.

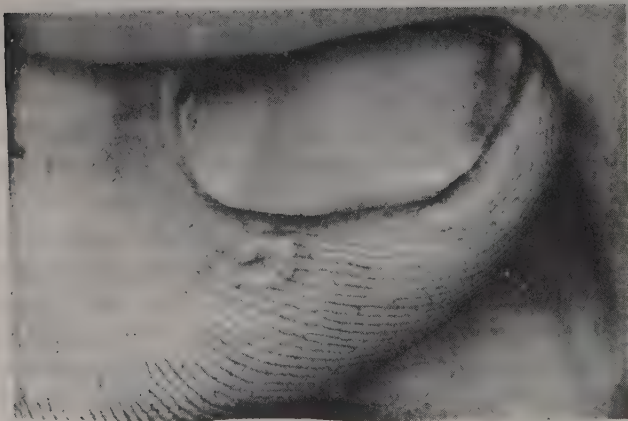


Abb. 16 Fall 18, linke Daumenkuppe

Die zentrale Eindellung ist so geringfügig, daß eine Verwechslung mit einer Schwielen oder Warze verständlich wäre; die histologische Untersuchung brachte die Diagnose.

Eine ähnliche Strommarke, die makroskopisch als reiskorngröße, gelbliche Hautverdickung beschrieben wurde, bot das histologische Bild von Abb. 17

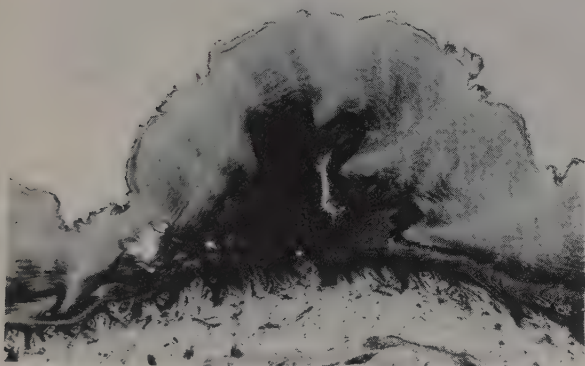


Abb. 17: Fall 19, Histologie einer makroskopisch reiskorngroßen, gelblichen Hautverdickung am rechten Zeigefinger

Hier sind die unteren Epidermisschichten "durcheinandergeworfen". Lückenbildung im Zentrum des Bildes, Dampfblasen links im Bild im stratum corneum und Parikeratosen sind zu erkennen.

Im Gegensatz dazu sind die einzelnen Hautschichten in Abb. 18, die eine Parakeratose darstellt, völlig erhalten. In diesem Fall ließ sich der Verdacht auf einen Stromtod nicht begründen (s. Fall Walter K., Diskussion).

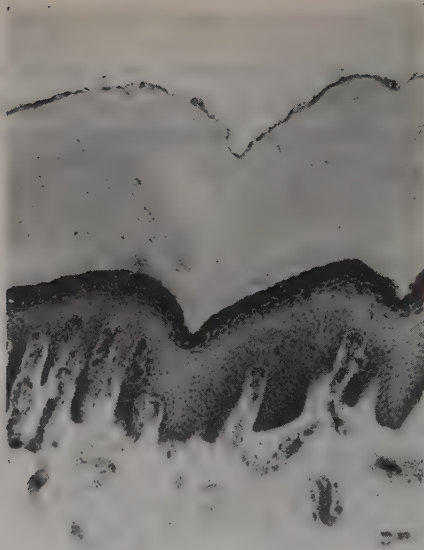


Abb. 18 Parakeratose (s. Fall Walter Kl, Diskussion)

Abb. 19 und 20 zeigen die Strommarken des Werner B., die bei der Berührung eines stromführenden Handbrausehalters zustande kamen.

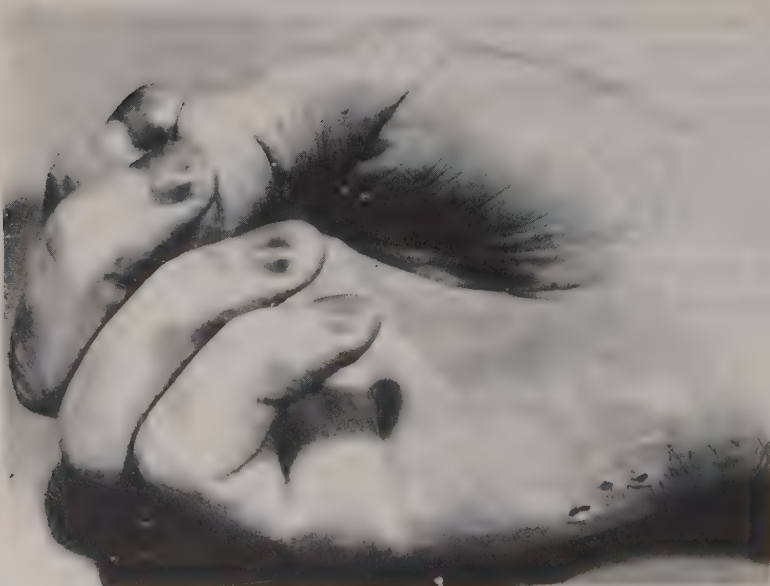


Abb. 19:
Fall 5,
rechte Hand

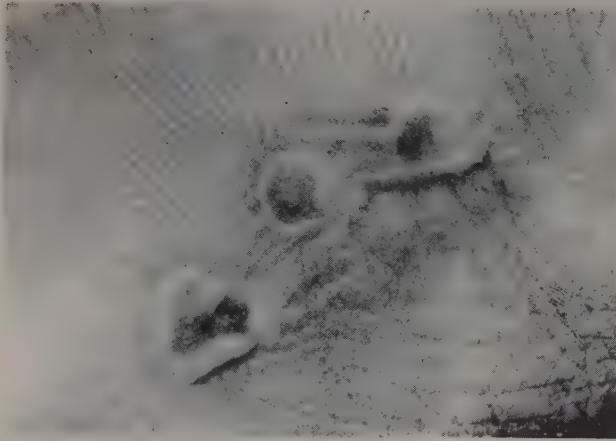


Abb. 20: Fall 5, vergrößerte Aufnahme der Strommarken
der rechten Hand (vgl. Abb. 18)

Ein anderes Bild bieten Strommarken an Körperstellen
mit dünner Oberhaut, s. Abb. 21 - 23.



Abb. 21:

Fall 13

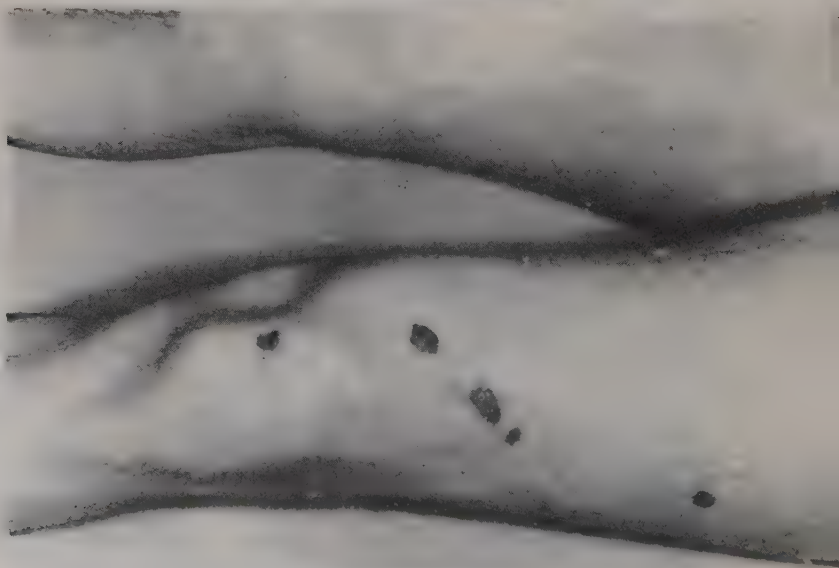


Abb. 22

Fall 13

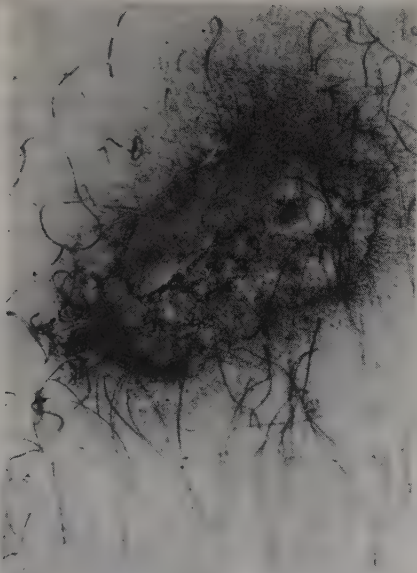


Abb. 23: Fall 13, Strommarke am linken Bein

Es gibt keinen Hornhautwall, da die Oberhaut sofort verbrennt, das Unterhautgewebe ist in scharf umschriebenen Bezirken mehr oder weniger angekohlt.

Auf Abb. 22 in der medialen Strommarke oberhalb der Kniescheibe und in der lateral gelegenen erkennt man deutlich schwarze Punkte im Bereich der Hautvertrocknung. Diese sind nur durch die Wirkung von überspringenden elektrischen Funken zu erklären. Wie man in Abb. 22 sieht, sind die Haare unterhalb der Läsion

bis auf kurze Reste abgesengt, was darauf schließen läßt, daß der stromführende Leiter nicht direkt mit der Haut Kontakt hatte. In diesem Fall war an den entsprechenden Stellen auch der Stoff der Hose durchschlagen.

Der folgende Fall (Abb. 24) leitet über zu den Unfällen, bei denen aus der Auffindungssituation und der Verkohlung auf längere Einwirkungsdauer geschlossen werden kann.



Abb. 24: Fall 3, linke Hand

Abb. 24 zeigt die linke Hand der Ruth B. (Fall 3), mit der sie offenkundig den Metallschaft einer geerdeten Stehlampe umfaßt hatte. Denkt man sich die Hand geschlossen, so liegen die multiplen, punktförmigen Strommarken über dem distalen Teil der Mittelhand und den ersten Fingergliedern dicht beieinander. Diese Stromspuren entstanden vermutlich beim primären Stromdurchfluß, ebenso wie die Hornhautverquellungen an den Kuppen des Mittel-, Ring- und Kleinfingers. Nach dem Sturz kam die Hand so auf den Stehlampenschaft zu liegen, daß sich die verkohlte Strommarke über dem ersten Daumengelenk während einer längeren Stromflußzeit ausbilden konnte. Es ist zu beachten, daß diese Strommarke postmortal entstanden ist. Es kommt vor, daß der Verunglückte stürzt und nach dem Sturz bis zum Auffinden im Stromkreis eingeschlossen bleibt. Die dabei entstehenden meist stark verkohlten Strommarken entsprechen jedoch nicht unbedingt dem tödlichen Stromweg, was im Einzelfall zu berücksichtigen wäre.

Voraussetzung ist natürlich, daß der Stromkreis nicht unterbrochen wird. Im Gegensatz zum Hochspannungsunfall, wo der Strom automatisch abgeschaltet wird, gibt es einen derartigen Mechanismus beim Niederspannungsunfall nicht. Die eingebauten Sicherungen sind auf 6 oder 10 A geeicht. Gerät ein Mensch mit seinem relativ hohen Widerstand von ca. 1000 Ohm in den Stromkreis, so sinkt die Stromstärke, die jetzt durch die Sicherungsdrähte fließt, auf ca. 220 mA. Die Sicherung hat dagegen die Aufgabe, einen Anstieg der Stromstärke bei sinkendem Widerstand zu verhindern.

Noch stärker war die Verkohlung am rechten Handgelenk der Ruth B. (Abb. 25)



Abb. 25: Fall 3, rechte Hand

Die Schwärzung um die Läsion herum entspricht einer Hautvertrocknung. Wahrscheinlich wäre in ihrem Bereich ein Metallisationssaum zu finden gewesen, eine solche Untersuchung wurde jedoch nicht durchgeführt.

Auch im nächsten Fall war mit einer längeren Einwirkungsdauer zu rechnen.

Waltraud W. (Fall 4) stürzte so, daß ihre rechte Stirnseite (Abb. 26) mit dem als Erde wirkenden Badeofen in

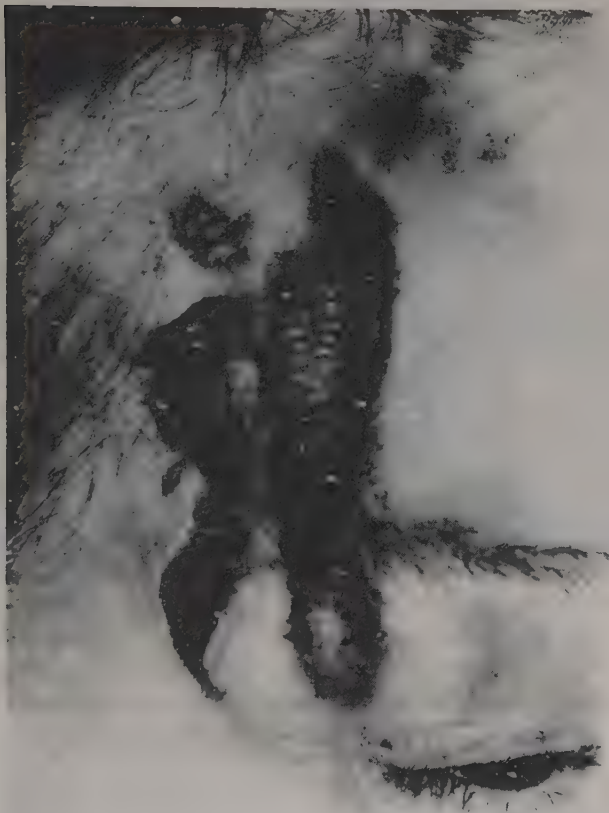


Abb. 26: Fall 4, rechte Stirnseite

Die Strommarken des Falles 10 (Abb. 27, 28) entstanden ebenfalls nach dem Sturz. Am linken Unterarm ist die strahlige Einziehung der Haut besonders gut zu erkennen.

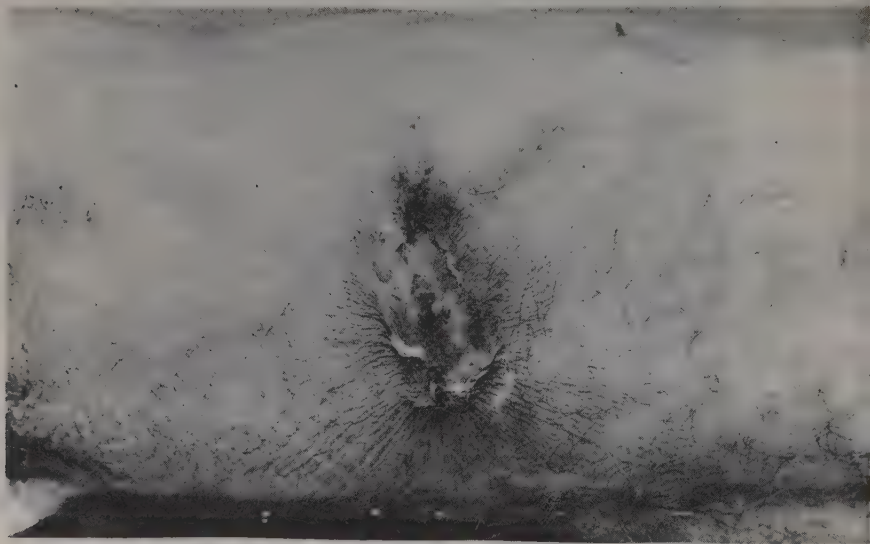


Abb. 27: Fall 10, linker Unterarm

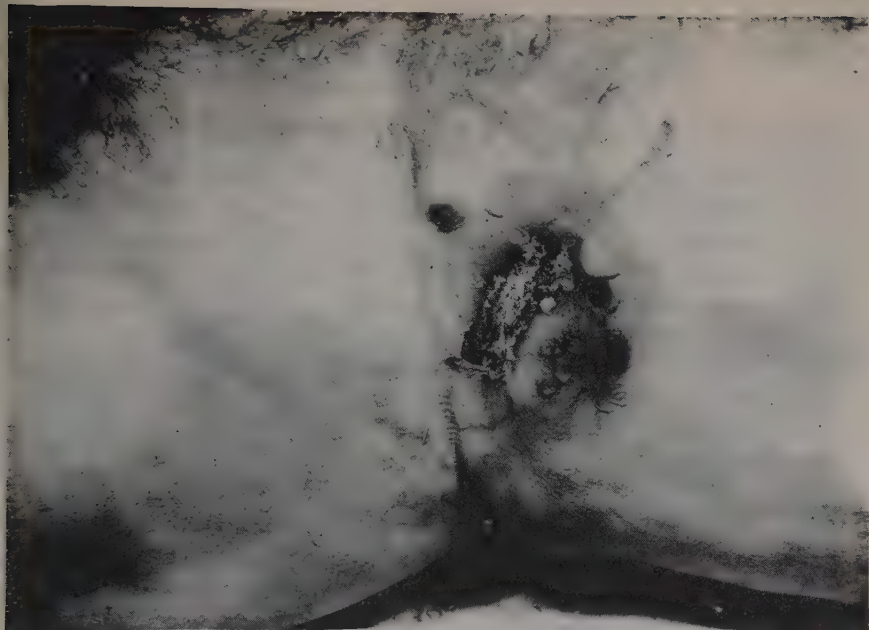


Abb. 28: Fall 10, linke Hüfte

Besonders starke Verkohlungen durch den Lichtbogen bei kurzer Einwirkung sind bei Hochspannungsunfällen nichts Ungewöhnliches (M e i x n e r 1947, S c h w a r z 1970). Bei Niederspannungsunfällen dürften aber Verkohlungen, durch die Gelenke eröffnet werden, ein äußerst seltenes Vorkommen sein. Hier wäre eine sehr lange Einwirkungsdauer Voraussetzung, wie es im nächsten Fall, der im Anhang der Kasuistik beschrieben wurde, angenommen werden muß (s. Abb. 29,30).

Frieda F. war am Vortag auf ihrer Arbeitsstelle gesehen worden. Ihr Sohn fand sie morgens um 8¹⁵ h tot auf. Frau F., die eine Kittelschürze trug, war zum Zeitpunkt des Todes augenscheinlich mit Hausarbeiten beschäftigt. Dies mußte, da sie berufstätig war, zwischen 18 und 20 Uhr gewesen sein. Demnach betrug die Durchströmungs-

dauer 12 - 14 Stunden. Daß die größte Hitzeentwicklung im Handgelenk auftrat, stimmt mit der physikalischen Tatsache überein, daß hier aufgrund des geringsten Körperquerschnitts und der größten Gewebsdichte des Knochens der Widerstand und damit die Joulesche Wärme den höchsten Wert erreichen konnte.

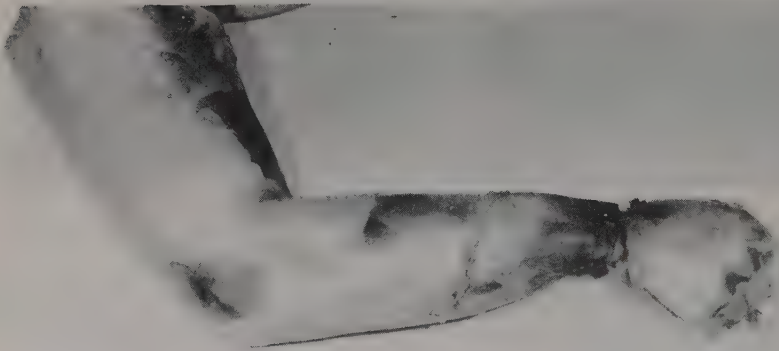


Abb. 29 rechter Unterarm und Hand der Frieda F.
Anhang der Kasuistik

Abb. 29 zeigt die großfetzigen Oberhautablösungen im Bereich des rechten Unterarms und Handrückens. Am distalen Ende des Unterarms erkennt man eine intensive Schwärzung, die zum Handgelenk hin zunimmt. Die Verbindung zwischen distalem Unterarm und Hand ist unterbrochen.

Die linke Hand dagegen (Abb. 30) zeigt nur großflächige Oberhautablösungen und Verbrennungen.



Abb. 30, linke Hand der Frieda F.

Anhang der Kasuistik

Der folgende Fall zeigt, daß bei breitflächigem Kontakt auch bei längerer Einwirkung nur oberflächige Verbrennungen auftreten.

Der linke Arm der Hedwig M. (Fall 2, Abb. 31) lag beim Auffinden über dem Wäschestampfer. Da Luft und Kleidung feucht waren, der Kontakt zwischen Arm und elektrischem Gerät breitflächig, ist ein sehr geringer Hautwiderstand anzunehmen, so daß es nicht zu starken lokalen Erwärmungen kommen konnte. Die entstehende Joulesche Wärme führte nur zu oberflächlichen Verbrennungen.

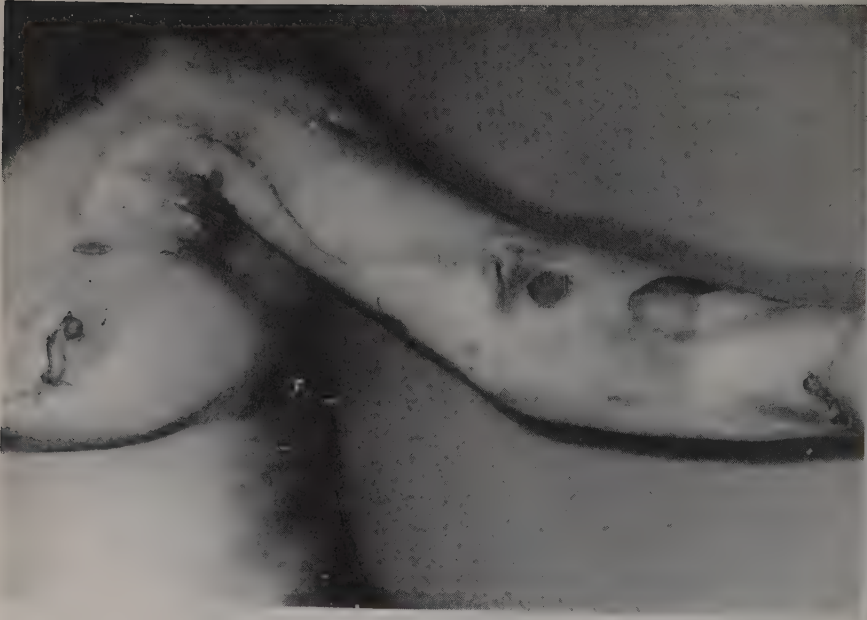


Abb. 31: Fall 2, linker Arm und Brust

Die Strommarken der letzten 3 Fälle zeichnen sich dadurch aus, daß die Oberfläche des Leiters im Bereich der Berührungsstelle in bezeichnender Weise abgebildet war, was für die Rekonstruktion des Unfalls besonders wertvoll ist. Auch hier ist eine längere Einwirkungs-dauer erforderlich.

Am linken Kleinfingerballen der Johanna H. (Fall 1, Abb. 32) imponiert eine nahezu quadratische Hornhaut-verquellung, in der sich eine dunklere Rundform, erkennbar als Abdruck einer Schlitzschraube, abgeprägt hat. Die entsprechende Schraube befindet sich an der Kupp-lung des Fernsehkabels, an der auch Schmelzspuren zu sehen sind (Abb. 33).



Abb. 32: Fall 1
Abdruck einer
Schlitzschraube am
linken Kleinfinger-
ballen; vgl. dazu
Abb. 33

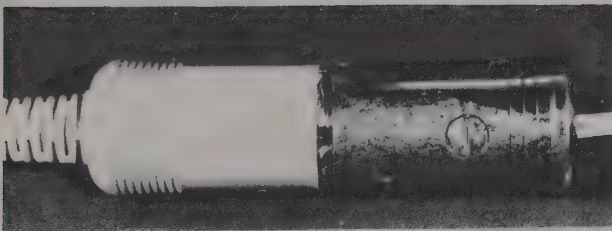


Abb. 33: zu Fall 1, Schlitzschraube an der Kupplung
des Fernsehkabels; vgl. dazu Abb. 32

Diese Ausprägung der Strommarke erinnert an einen von S c h w e r d und L a u t e n b a c h (1960) mitgeteilten Mord. Hier fanden sich am Rücken einer weiblichen Leiche 6 schlitzschraubenartige Abdrücke in Anordnung einer Dreier-Figur. Um die Spuren zu verwischen, hatte der Ehemann kochendes Wasser über den Rücken seiner Frau gegossen, jedoch ohne den g e w ü n s c h t e n Erfolg. Er hatte mittels einer "Anschlußplatte", in die 3 mit dem Stromnetz verbundene Schrauben eingelassen waren, den Tod seiner Frau absichtlich herbeigeführt. Die schraubenförmigen Male am Rücken der Frau hatten hier entscheidend den Gang der Untersuchung beeinflußt. Experimentelle Untersuchungen zu diesem Fall zeigten, daß es zur Ausbildung der Strommarken eines Kontaktes von einigen Sekunden bedurfte.

Die bräunliche Markierung des metallenen Staubsaugerrohrs in Abb. 34 und 35 ist als Ablagerung von Metalloxiden aufzufassen.



Abb. 34: Fall 4, Rastermuster am linken Oberschenkel von einem metallenen Staubsaugerrohr

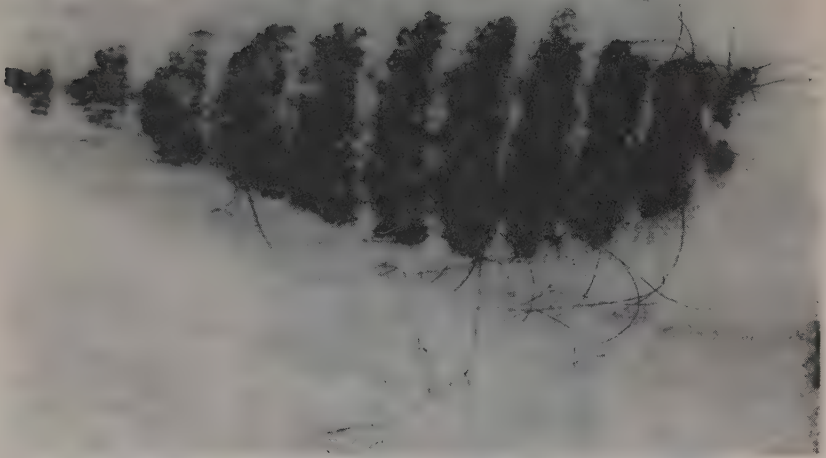


Abb. 35: Fall 4, Vergrößerung des Rastermusters aus
Abb. 31

An einzelnen Stellen erkennt man dunklere Punkte, die Durchschlagsstellen von elektrischen Funken. Auffällenderweise sind die Haare in diesem Bereich nicht abgesengt, was sich nur dadurch erklären läßt, daß es nur im Bereich von Lichtbogen zu stärkeren Erwärmungen kommt.

Im Fall 6 (Abb. 36) fand sich nur der Abdruck eines Brauseschlauchs als Berührungsstelle mit dem stromführenden Leiter.

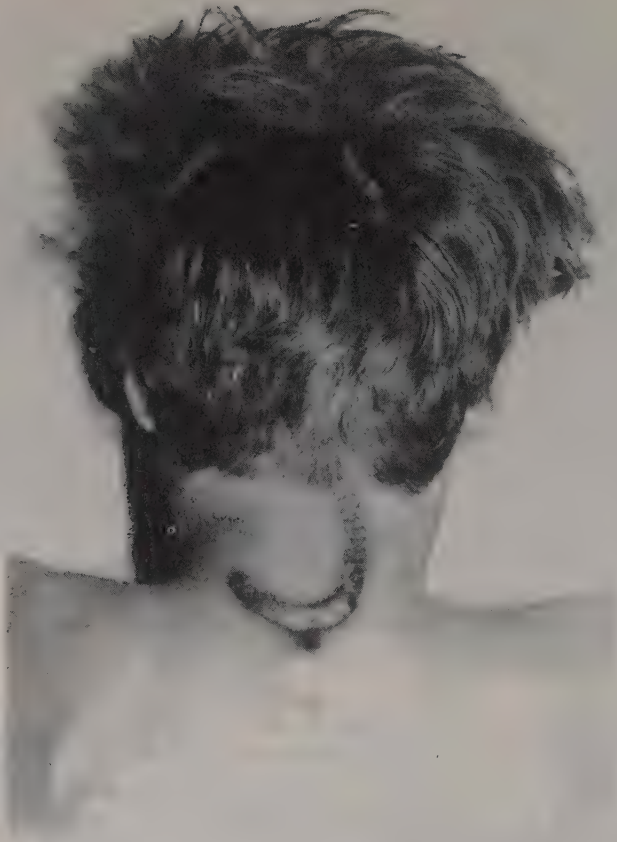


Abb. 36: Fall 6, Abdruck eines Brauseschlauchs

Eine Erdungs-Strommarke wurde an dem in der Badewanne verunglückten Jürgen K. nicht entdeckt. Der einzige in der Literatur beschriebene Fall, wo sich am Körper einer in der Badewanne verstorbenen Frau entlang dem Wasserspiegel eine Strommarke ausbildete, ist der von Schwerd und Lautenbach (1960) mitge-

teilte Mord durch elektrischen Strom. Nach S c h w e r d s Experimenten (1959) entstehen solche Strommarken nur, wenn ein breitflächiger Kontakt auf den menschlichen Körper längere Zeit einwirkt und das Badewasser direkt geerdet ist.

In unserem Fall war das Badewasser jedoch über die Wanne geerdet.

VI. Diskussion

Die morphologische Analyse der Strommarke zeigt, daß sich ihre Gestalt keineswegs in ein Schema pressen läßt.

Die Hautveränderung ist von mehreren Komponenten abhängig: von der Stromstärke, der Größe der Berührungsfläche, dem Anpreßdruck, dem Leitermetall, der Durchflußdauer und der Beschaffenheit der Haut. Sie ist daher so individuell verschieden wie jede einzelne Unfall-situation. Die in den Lehrbüchern beschriebene Form der "klassischen" Strommarke ist, wie B ö h m es beobachtete, selten. Außerdem eignet sich für umfangreichere Verkohlungen und Verbrennungen die Bezeichnung "Strommarke" weniger.

Das Erkennen von Hautverletzungen, die durch Strom bedingt sein könnten, setzt eine reichhaltige Erfahrung voraus. Makroskopisch sind Strommarken von alten Schürfwunden oder Verschwielungen oft nicht zu unterscheiden.

Wie oben ausgeführt wurde, können Einwirkungen anderer Ursache auch im histologischen Schnitt ein strommarken-ähnliches Bild vortäuschen.

Diagnostische Schwierigkeiten treten vor allem bei Elektrounfällen mit sehr kurzer Durchflußdauer auf, da hier die Hautveränderungen sehr geringfügig und sehr unterschiedlich sind. Gerade in diesen Fällen liegt die Verantwortung beim Mediziner, ein morphologisches Indiz nicht zu übersehen.

Wie aus der Kasuistik hervorgeht, können Strommarken bei sicheren Elektrounfällen fehlen.

H a u f , der von 1955-57 Fragebogen über tödliche Niederspannungsunfälle auswertete, berechnete, daß Strommarken in 35 % der Fälle nicht nachweisbaren waren (persönliche Mitteilung).

In K o e p p e n s Kasuistik in seiner Elektropathologie (1955) und in einer umfassenden Darstellung von Krankheitsfällen nach elektrischem Trauma (1966) werden 11 Todesfälle beschrieben, in denen 5 keine Strommarken aufwiesen. Von den 22 nichttödlichen Unfällen im Stromstärkebereich II und III hatten 9 Fälle keine Strommarken. K o e p p e n : "Die bei tödlichen Unfällen häufig vorkommende Stromstärke hinterläßt nicht immer Strommarken (großflächige Berührung!)" (1955)

F a n s e (1955) bemerkt in seinen statistischen Angaben über elektrische Unfälle, die er den Jahresberichten der Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik im Zeitraum 1948, 49, 51, 52 entnimmt, daß von 27 tödlichen Unfällen nur bei 16 Verunglückten Strommarken gefunden wurden, bei 11 aber nicht.

Unter den eigenen 26 Fällen fanden sich 7 ohne Strommarken. Faßt man diese Angaben zusammen, so ergibt sich ungefähr der von H a u f angegebene Prozentsatz. Ehe nun die Anerkennung der Stromunfälle durch die Versicherung diskutiert wird, seien einige versicherungsrechtliche Überlegungen vorausgeschickt:

Der Unfallbegriff wurde von der Privaten Unfallversicherung entwickelt. Bemerkenswert ist, daß in den Definitionen von 1904 und 1910 "Blitz und elektrischer Schlag" noch besonders erwähnt werden. Seit 1920 besteht die heute gültige Fassung: "Ein Unfall liegt vor, wenn der Versicherte durch ein plötzlich von außen auf seinen Körper wirkendes Ereignis unfreiwillig eine Gesundheitsschädigung erleidet" (AUB § 2, 1). Diese Definition wird in Lehre und Rechtsprechung auch von der gesetzlichen Unfallversicherung vertreten mit der Einschränkung, daß sie sich auf den Arbeitsunfall bezieht.

Bei der Anerkennung eines Stromunfalls ist für den Versicherer das Kriterium "von außen" entscheidend, d.h. die Frage: Liegt nicht ein pathologisches Geschehen, also eine innere Ursache für den plötzlichen Tod vor. Hier spielen Fragen der Kausalität und der Beweisführung eine Rolle. Die Annahme eines naturwissenschaftlichen Kausalbegriffs würde für die zwingende Klärung eines Stromtods bedeuten, daß folgende Anforderungen an die Beweisführung gestellt würden, die K l e i n (1967) anlässlich einer fraglichen Tötung durch Strom aufstellt:

1. Eindeutiger Nachweis von Strommarken
2. Nachweis der Metallisation, die identisch sein muß mit dem Leiter
3. Ausschluß der Zufälligkeit der Metallisation
4. Ausschluß einer anderen Ursache.

Dieser strengen Beweisführung wird man vom naturwissenschaftlichen Standpunkt im Straf- und Zivilrecht durchaus zustimmen haben, wenn andere zwingende Hinweise aus

den Umständen des Falles fehlen.

Im Bereich der Gesetzlichen Unfallversicherung, in der die meisten Stromunfälle zur Beurteilung kommen, gilt jedoch die Theorie der "wesentlich mitwirkenden Ursache", und für die Anerkennung eines ursächlichen Zusammenhangs genügt der Nachweis der Wahrscheinlichkeit. Eine "überwiegende" Wahrscheinlichkeit ist nicht erforderlich. (L a u t e r b a c h 1969). Eine Bedingung wird auch dann als Ursache im Rechtssinn betrachtet, wenn sie gleichwertig neben anderen mitgewirkt hat (Bundessozialgericht 20.8.1963, Entscheidungen Bd. 19, S. 275-276).

Aus unserer Zusammenstellung ergibt sich, daß die Kriterien von K l e i n nur in einem Fall (Fall 1) nachgewiesen wurden. Besonders der Punkt 3 dürfte sehr schwer zu beantworten sein. In den übrigen Fällen waren diese Untersuchungen gar nicht erforderlich. Die Kriterien von K l e i n würden im Versicherungsrecht deshalb erhebliche Schwierigkeiten bereiten, da, wie oben dargelegt, Strommarken in 35 % der Fälle fehlen. Es erscheint deshalb für das Versicherungsrecht ausreichend, wenn für die Anerkennung eines Stromunfalls folgende Kriterien erfüllt sind:

1. Auf einen Stromunfall hindeutende Unfallsituation und Zeugenaussagen
2. Technische Voraussetzung für einen Stromunfall
3. Ausschluß einer anderen Todesursache.

Selbstverständlich wird man, wenn die anderen Hinweise nicht ausreichen, die Strommarke als eines der wichtigsten Kriterien anzusehen haben. Das Vorhandensein von Strommarken vermag das Fehlen von Hinweisen im Sinn des Punkt 1 zu ersetzen. Andererseits wird man trotz des Nachweises von Strommarken noch nicht von der Verpflichtung entoben, nach einer anderen Todesursache zu suchen. Es gibt durchaus Fälle, bei denen ein Arbeiter infolge eines elektrischen Schlages zu Sturz kommt und eine

andere Todesursache erleidet, wodurch allerdings die Anerkennung des Unfalls im Sinne eines Arbeitsunfalles nicht geändert wird, wie Fall 12 der Kasuistik zeigt.

Wendet man das auf die vorliegenden Fälle an, so ergibt sich folgendes:

In allen Fällen der Kasuistik ließen die Umstände sofort an einen Stromtod denken. Der Ausschluß einer natürlichen Todesursache war ohne Ausnahme gegeben. Die technische Voraussetzung für einen Elektrounfall ließ sich jedesmal nachweisen und bereitete nur in 2 Fällen Schwierigkeiten: Bei Fall 20 war die technische Situation verändert worden, so daß nur mit Hilfe der zufälligen Beobachtung eines Zeugen der Unfallhergang rekonstruiert werden konnte. In einem einzigen Fall, Fall 19, verlief die technische Analyse nicht ganz befriedigend, da der Defekt sich als äußerst geringfügig erwies.

Bei den Fällen der Gruppen Ia, b, c waren mehr oder weniger stark ausgeprägte Strommarken vorhanden, woraus zu schließen war, daß eine elektrische Durchströmung stattgefunden haben mußte. Im Fall 12 verursachte die elektrische Durchströmung möglicherweise nicht den Tod, sondern führte zu einem Sturz aus ca. 3 m Höhe mit tödlichem Ausgang durch Schädelbruch.

Auch bei den Fällen der Gruppe II, bei denen keine Strommarken nachgewiesen wurden, ergaben sich nach Erhebung der Untersuchungsbefunde bei der Anerkennung durch die Unfallversicherung keine Schwierigkeiten. Dies zeigt, daß Strommarken von der Unfallversicherung nicht als ausschlaggebendes Kriterium angesehen werden. Besonders wichtig in der Beweiskette ist die technische Analyse. Die Voraussetzung zu einem Stromunfall muß ja gegeben sein, während die beiden anderen Kriterien unter Umständen fehlen können.

Eine mittelgradige Coronarsklerose mit Lichtungseingengungen wurde in Fall 10 und 23 beschrieben. Im Zusammenhang mit den Umständen des Geschehens war dieser Befund als Todesursache jedoch unwahrscheinlich.

Ein Elektrounfall, bei dem eine Coronarsklerose den Tod auch hätte erklären können, liegt in unserer Kasuistik nicht vor. K o e p p e n (1955) schildert einen Fall, bei dem der Obduktionsbefund eine fortgeschrittene Coronarsklerose ergab, die die Diagnose "plötzlicher Tod aus natürlicher Ursache" durchaus gerechtfertigt hätte. Das Aufdecken eines Isolationsdefektes war jedoch ausschlaggebend für die Diagnose "Stromtod", obwohl Strommarken nicht vorhanden waren. In solchen Fällen, d.h., wenn Coronarsklerose und Unfall nicht sicher voneinander abzugrenzen sind, ist nach K o e p p e n s Auffassung das technische Untersuchungsergebnis entscheidend für die Diagnose.(1955)

Selbstverständlich kommen auch immer wieder Fälle zur Obduktion, bei denen die Verdachtsdiagnose "Stromtod" zunächst in Betracht gezogen werden muß, sich nach Abschluß der Untersuchungen jedoch als unbegründet erweist. 3 solcher Fälle sollen hier geschildert werden, um anhand dieser Gegenbeispiele zur Kasuistik zu zeigen, welche Kriterien die Diagnose bestimmten.

Der 60jährige Schlosser Walter K. war am 17.3.1964 im Begriff, die herabhängende Schaltvorrichtung eines elektrischen Krans zu betätigen, als er mit dem Ausruf "au" zusammenbrach. Nach kurzem Stöhnen habe er kein Lebenszeichen mehr von sich gegeben.

Dieses Verhalten könnte durchaus einem Elektrounfall entsprechen, ein an der Schaltvorrichtung angebrachtes

Warnschild mit der Aufschrift "Vorsicht Hochspannung" verstärkte den Verdacht. Die sofort durchgeführte Untersuchung ergab jedoch, daß die Anlage intakt und Anlaß für einen Stromschlag nicht gegeben war. Bei der Obduktion fanden sich wohl einige auf Strommarken verdächtige Hautdefekte an Stellen der linken Handinnenfläche, die gewöhnlich mit Schwielen bedeckt sind, doch konnten bei der histologischen Untersuchung keine Veränderungen im Sinn von Strommarken gefunden werden. Einer der "Hautdefekte" erwies sich als Parakeratose (s. Abb. 18).

Der wichtigste Befund aber war eine hochgradig stenosierende Coronarsklerose mit einer bereits in Organisation befindlichen Thrombose. Eine starke Stauung der inneren Organe wies darauf hin, daß das Herz den Kreislaufverhältnissen schon länger nicht nachgekommen war. Damit stimmten die Angaben der Ehefrau überein, nach denen Walter K. schon lange an Herzbeschwerden und Atemnot gelitten hatte. Nach diesen Ergebnissen wurde von der Staatsanwaltschaft das Ermittlungsverfahren eingestellt. Auf Betreiben der Witwe wurde schließlich von der Berufsgenossenschaft noch ein zusätzliches Gutachten angefordert. Bei der eingehenden Nachuntersuchung des Herzens fanden sich im Gebiet der alten Thrombose frische Gerinnselmassen, die die Restlichtung ausfüllten. Eine Verfettung der Herzmuskelfasern sprach für eine schlechte Versorgung des Herzens. Schwielen oder ein Infarkt waren, wie häufig in solchen Fällen, nicht zu erkennen. Beim Fehlen der technischen Voraussetzung und Vorhandensein einer hinreichenden Todesursache war somit ein Kausalzusammenhang abzulehnen.

Ähnlichkeit mit diesem hatte auch der folgende Fall, allerdings mit dem Unterschied, daß es sich um einen sehr jungen Menschen mit angeborener Aortenstenose handelte. Hans-Jakob W., 19 J., Student, z. Z. Hilfsarbeiter, wurde am 23.8.1968 während der Arbeitszeit von einer Kollegin bewußtlos neben seinem Arbeitsplatz, einer Stauchmaschine, auf dem Rücken liegend aufgefunden. Der herbeigerufene Arzt stellte den Tod fest.

An der Maschine wurden keine Fehlerquellen gefunden. Die Obduktion zeigte eine ausgeprägte Aortenstenose, Dilatation beider Herzkammern, eine chronische Leberstauung und Milztumor. Hans-Jakob W. hatte angeblich nie unter Beschwerden von seiten des Herzens oder Kreislaufs gelitten. So sehr der Tod eines jungen, scheinbar gesunden Menschen am Arbeitsplatz an einen Unfall denken läßt, so wenig ließ sich bei diesem Befund an der Todesursache zweifeln. Auf Strommarken verdächtige Stellen wurden trotz sorgfältiger Suche nicht gefunden. Auch hier wurde der Kausalzusammenhang abgelehnt.

Im folgenden Fall sprachen die Umstände besonders für einen Tod durch elektrischen Strom: Der 63jährige Frisör Kurt S. wurde am 9.5.1969 mittags leblos auf dem Rasen seines Gartens liegend gefunden. Er lag auf dem Rücken und hielt mit beiden Händen den Griff eines elektrischen Rasenmähers vor dem Oberkörper. Dieser lief nicht, die Schnur steckte jedoch in der Steckdose. Die Ehefrau erklärte, ihr Mann habe nie über Beschwerden geklagt.

Bei der Obduktion wurde eine bräunliche Verfärbung der Fingerspitzen der linken Hand entdeckt, die sich aber als Spur vom Haarfärben erwies. Sonstige Veränderungen,

die an eine Einwirkung von Strom hätten denken lassen, waren nicht vorhanden. Dagegen zeigte das Herz eine schwere stenosierende Coronarsklerose mit Obliteration der rechten Herzkranzader durch Gerinnselmassen, mächtigen Schwielen und einer chronischen Stauung von Leber und Lunge. Hieraus konnte auf eine natürliche Todesursache geschlossen werden. Die Untersuchung des Rasenmähers durch die Kriminaltechnische Untersuchungsstelle verlief negativ, so daß der Gedanke an eine Stromeinwirkung auszuschließen war.

Hätte man in einem der Fälle einen technischen Defekt ausfindig gemacht, so hätte man zumindest die Mitwirkung von elektrischem Strom am tödlichen Ausgang diskutieren müssen.

Man wird auch an die Möglichkeit zu denken haben, daß jemand durch einen plötzlichen Tod in einen Stromkreis gerät. Hier stellt sich die Frage, ob es beim Stromtod eine vitale Reaktion gibt. Da der Stromtod durch ein plötzliches Sistieren des Kreislaufs bedingt ist, ist der Obduktionsbefund derselbe wie beim plötzlichen Tod aus natürlicher Ursache. Nach den Erfahrungen sämtlicher Autoren, die sich mit der Untersuchung von Strommarken beschäftigen, unterscheiden sich experimentell an Leichen erzeugte Strommarken in keiner Weise von solchen, die an Lebenden oder tödlich Verunglückten gefunden wurden. P i o c h (1968) exzidierte 10 bis 11 Stunden nach einem Tötungsversuch mit elektrischem Strom beim Überlebenden Opfer die Strommarke und fand bei der histologischen Untersuchung eine leukozytäre Demarkation der elektrothermischen Schädigung. Diese entzündliche Reaktion ist der einzige Hinweis darauf, daß bereits mehrere Stunden vor dem Tod ein elektrisches Trauma auf den Körper eingewirkt haben muß.

VI. Zusammenfassung

Von 1956 - Anfang 1967 wurden im Berliner Institut für Gerichtsmedizin 26 Stromtodesfälle obduziert. Diese wurden in einer Kasuistik dargestellt und analysiert. Zusätzlich wurde ein bemerkenswerter tödlicher Elektroofall, der kurz vor Abschluß der Arbeit zur Obduktion kam, der Kasuistik beigelegt; 3 fragliche Stromtodesfälle aus den Jahren 1964 - 1969 wurden in der Diskussion geschildert und begutachtet.

Von den 26 Stromtodesfällen der Jahre 1956-67 waren 19 mal Strommarken nachweisbar, 7 mal nicht. Diese Zahlen erlauben keine statistisch signifikante Aussage, stimmen aber mit den Angaben der Literatur überein, aus denen hervorgeht, daß Strommarken bei gesicherten Elektroofällen in etwa einem Drittel der Fälle fehlen können.

Neben der Fallanalyse wurde die Morphologie der Strommarke besonders beachtet. Das Bild der klassischen Strommarke ist verhältnismäßig selten. Ihre Ausprägung ist abhängig von der Berührungsfläche, der Dauer des Kontakts, dem Leitermetall und der Beschaffenheit der Haut. Die Morphologie der Strommarke ist so vielfältig, daß schematische Vorstellungen ihr nicht gerecht werden. Es bedarf eines großen Erfahrungsschatzes, um Strommarken mit einiger Sicherheit zu beurteilen.

Es wurde anhand von 7 Fällen, bei denen Strommarken nicht vorhanden waren, gezeigt, daß versicherungsrechtlich gesehen, die Strommarke nur einen Teil der Beweisführung darstellt.

Für die Anerkennung eines Stromunfalls sind folgende Kriterien zu beachten:

1. Auf einen Stromunfall hindeutende Unfallsituation und Zeugen Aussagen
2. Technische Voraussetzung für einen Stromunfall
3. Ausschluß einer anderen Todesursache.

VII. Literaturverzeichnis

1. Alvensleben, K. und Schridde, H.: Die elektrische Verletzung.
in: Handbuch der gesamten Unfallheilkunde, Bd. 1, 94-136, Stuttgart: König und Magnus (1932)
2. Antoni, A.: Die Pathophysiologie der Stromeinwirkung auf das Herz.
in: Therapiewoche 17, 812-15 (1967)
3. Boehmke, F. und Piroth, M.: Zur Pathologie des elektrischen Stromtods - pathologische, anatomische und histologische Befunde bei 100 Todesfällen.
in: Frankf. Z. Path. 70, 1-35 (1959)
4. Böhm, E.: Untersuchungen über das Verhalten von Kupfer in und auf der Haut nach zufälliger und elektrischer Metallisation.
in: D. Z. gerichtl. Med. 58, 166-175 (1966)
5. " Untersuchungen über die Gestalt oberflächlicher Metallisationen der Haut.
in: D. Z. gerichtl. Med. 59, 26-34 (1967)
6. " Zur Frage der Spezifität von Epithelausziehungen im stratum germinativum der Haut.
in: D. Z. gerichtl. Med. 59, 22 (1967)
7. " Differentialdiagnostisch bedeutsame Unterschiede zwischen Strom- und Wärmemarken.
in: D. Z. gerichtl. Med. 61, 128-136 (1967)
8. " Zur Frage der Differentialdiagnose zwischen thermischen und elektrischen Verbrennungen.
in: D. Z. gerichtl. Med. 63, 149-153 (1968)
9. " Zur Rekonstruktion elektrischer Unfälle.
in: Mitteilungen für Wissenschaft und Technik V, Nr. 1, 13-19 (1969)

10. Boruttau, H.: Der Mechanismus des elektrischen Todes durch Starkstrom und die Rettungsfrage (aufgrund eines amtlichen Materials von 1190 elektrischen Unfällen).
in: Vjhrschr.ger.Med. 55, 1-68 (1918)
11. Die Berufsgenossenschaft Z. f. Unfallversicherung und Betriebssicherheit, Jg. 1958-68
12. Buresch, E.: Wahrscheinlichkeit und Möglichkeit
in: OKK, 37, 100-103 (1955)
13. Freiburger, H.: Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen technischen Gleich- und Wechselstrom"
Berlin (1934)
14. Ganale, M.,
Bandini, T.,
Cavera, A.: Sulla patogenesi delle lesioni cutanee da elettricità.
in: Med.Leg. e Ass. 14, 123 (1966)
15. Gildemeister, M.
und Diegler, R.: Zur Lehre von der primären Schädigung des Herzens durch Starkströme.
in: Z. ges.exp.Med. 28, 144-151 (1922)
16. Goll, H.P.: Handbuch der Lebensversicherung,
3. Auflage 1965
17. Gottstein, U.
und Wilcke, O.: Untersuchungen über die Wirkungen von Gleich- und Wechselstrom auf den Kreislauf und die Coronardurchblutung.
in: Z.ges.exp.Med. 125, 331-344 (1955)
18. Grewing, H.: Unfallversicherung
Schriftenreihe: Die Versicherung,
Betriebswirtschaftl.Verlag, Wiesbaden (1966)
19. Hallervordern, J.: D. Z. Nervenkrankh. 169, 308 (1952)
20. Hardt, W.: Zur Statistik der tödlichen Unfälle durch Strom.
in: Energiewirtschaft 6, 175-178 (1966)
21. Hauf, R.: Erste Hilfe bei Niederspannungsunfällen.
in: Therapiewoche 17, 807 (1967)
22. " Der elektrische Unfall und therapeutische Maßnahmen.
in: Die Berliner Ärztekammer, 6, H. 3, 70-74 (1969)

23. Heinlein, G.: Modellversuch zur Deutung der morphologischen Änderung der Strommarke.
in: El.Med. 7, 174-76 (1963)
24. Herget, R.: Elektrische Verletzungen.
in: Fischer, Herget, Mollowitz: Das ärztliche Gutachten im Versicherungswesen, Bd. 1, 200-202 (1968)
25. Jellinek, S.: Elektropathologie, Stuttgart (1903)
26. " Studien über die Wirkung elektrischer Starkströme auf die einzelnen Organsysteme im Tierkörper.
in: Pflügers Arch.Physiol. 124, 271 (1908)
27. " Die äußere Form der Strommarke.
in: D. Z. gerichtl. Med. 1, 596-600 (1922)
28. " Der elektrische Unfall, Leipzig und Wien, Franz Deuticke (1931)
29. " Atlas zur Spurenkunde der Elektrizität, Springer-Verlag Wien (1955)
30. Jenny, F.: Der elektrische Unfall als anatomisch-pathologisch und unfallmedizinisches Problem, Huber, Bern (1945)
31. Kawamura, J.: Elektropathologische Histologie.
in: Virchow Arch. 231, 571 (1921)
32. Killinger, J.: Über die Einwirkung des elektrischen Gleichstroms auf den Menschen.
in: El.Med. 1, H. 4, 4-16 (1954)
33. Klein, H.: Die gerichtsmedizinische Diagnose des Stromtods mit Berücksichtigung der Rekonstruktion.
in: D.Z. gerichtl. Med. 47, 29-54 (1958)
34. Klein, H.: Forensische Fragen bei elektrischen Unfällen.
in: Therapiewoche 17, 846-849 (1967)
35. Koelsch, F.: Handbuch der Berufskrankheiten, Fischer, Jena (1959)

36. Koeppen, S.: Elektrizitätsschäden im Tierexperiment unter besonderer Berücksichtigung des elektrischen Todes.
in: Virch.Arch. 290, 460 (1933)
37. " Klinische Elektropathologie. Kritische Sammlung elektropathologischer Gutachten aus interner Sicht, Thieme Verlag, Stuttgart (1955)
38. " Elektrounfall-Erkrankungen des Nervensystems und der inneren Organe.
in: Handbuch der gesamten Unfallheilkunde, 244-268, Stuttgart: Birkhäuser de la Camp, Schwaiger (1963)
39. Koeppen, S.,
Eichler, R.,
Foelz, G.,
Hoppe, D.,
Hosang, W.,
Kostka, F.,
Osypka, F.: Der elektrische Unfall. Anatomische, physiologische, klinische, neurologische und psychologische Untersuchungen und technische Analyse nach Wechsel- und Gleichspannungsunfällen (Kritische Betrachtung von 1250 Fällen)
in: El.Med. 6, 215 (1962)
40. Kratter, J.: Der Tod durch Elektrizität.
in: Wiener Klin.Wschr. (1894)
41. Kratter, J. und
Jellinek, S.: Der Tod durch Elektrizität, aus: Verhandlungen der I. Tagung der Deutschen Gesellschaft für gerichtl. Med. in Meran, Sept. 1905.
in: Vjschr.ger.Med. und öff.Gesundheitswesen, Jg. 1906, Dritte Folge XXXI. Bd.
42. Lauterbach, H.: Unfallversicherung, 3. Aufl., Stand Okt. 1969
43. Lee, W.R.: The mechanisme of Death from Electric Shock.
in: Medicine, Science, Law (London), 5, 23-28 (1965)
44. Lob, A.: Elektrische Verletzungen.
in: Handbuch der Unfallbegutachtung, Bd. 2, 177-204, Stuttgart (1968)
45. Löbl, O.: Erdung, Nullung, Schutzschaltung,
Berlin, Springer (1933)

46. Meixner, K.: Von Verbrennungen durch elektrische Hochspannung.
in: Forschungen und Forscher der Tiroler Ärzteschule (1945-47)
Innsbruck (1947)
47. " Zur Frage des Todes durch elektrischen Strom.
in: Wiener Klin.Wschr. 35, 619-623
(1922)
48. Möller, H.: Soziale und private Unfallversicherung.
in: Die Berufsgenossenschaft, H. 8,
323-329 (1964)
49. Osypka, P.: Meßtechnische Untersuchungen über Stromstärke, Einwirkungsdauer und Stromweg bei elektrischen Wechselstromunfällen an Mensch und Tier.
in: EL.Med. 8, 153-178, 193-214 (1963)
50. Otto, A.: "Der elektrische Unfall - ein Problem sowohl für den Arzt als auch für den Techniker.
in: EL.Med. 2, 97-105 (1957)
51. Panse, F.: Die Schädigungen des Nervensystems durch technische Elektrizität (Mit Bemerkungen über den Tod durch Elektrizität) Berlin (1930)
52. Pietrusky, P.: Die nach Einwirkung technischer Elektrizität beobachteten pathologisch-anatomischen Veränderungen.
in: D.Z. gerichtl.Med. 29, 135-151
(1938)
53. Pioch, W.: Histologisch-histochemische Untersuchungen zur Identifizierung von Strommarken.
in: D.Z.gerichtl.Med. 57, 165-169
(1966)
54. Pioch, W.: Zur gerichtsmedizinischen Untersuchung von Tötungsdelikten durch elektrischen Strom.
in: Forschungsergebnisse der Gerichtsmedizin, Ztschr.f.Herbert E l b e l , Schmidt-Römhild-Verlag Lübeck, 31-40 (1967)

55. Ponsold, A.: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1967
56. Prévost und Batelli: La mort par les courants electriques.
Courant alternatif à bas voltage.
in: J.physiol.path.gén. 1, 399 (1899)
57. Prokop, O.: Forensische Medizin, VEB Verlag Volk
und Gesundheit, Berlin (1966)
58. Printz, H.: Physikalische Grundlagen der Strom-
verletzung.
in: Therapiewoche 17, 803-806 (1967)
59. Proelss, E.: Versicherungsvertragsgesetz, 7. Aufl.
(1952)
60. Raestrup, O.: Unfallbegriff und Kausalität aus
versicherungsmedizinischer Sicht.
in: Lebensversicherungsmedizin 17,
32-35 (1965)
61. Reichenbach, M.: Das medizinische Gutachten bei Haft-
pflichtschäden.
in: Das ärztliche Gutachten bei Haft-
pflichtschäden, 49-80 (Fischer, Her-
get, Mollowitz) Bd. I (1968)
62. Schaefer, H.: Die Einwirkung des elektrischen
Stroms auf wichtige innere Organe.
in: D.Z.gerichtl.Med. 47, 5-28 (1958)
63. Schöffner, M.: Histologie und Metallisation.
in: D.Z.gerichtl.Med. 56, 269-280
(1964)
64. Schmidt, G.: Identifizierung von Stromdurchtritts-
stellen.
in: Acta Med.leg.soc. (Liège) 17,
51-61 (1964)
65. Schrader, G.: Experimentelle Untersuchungen zur
Histopathologie elektrischer Haut-
schädigungen, G. Fischer, Jena (1932)
66. Schridde, H.: Der elektrische Stromtod. Patholo-
gisch-anatomische Untersuchungen.
in: Klin.Wschr. 1925, 2142
67. Schroeder-Printzen, G.: Der Kausalzusammenhang in der ge-
setzlichen Unfallversicherung.
in: Soziale Sicherheit 15, 359-67
(1966)

68. Schwarz, Fritz: Der außergewöhnliche Todesfall, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart (1970)
69. Schwerd, W.: Vortäuschung von Strommarken, Arch.Krim. 138, 1-7 (1966)
70. " Über die Ausbildung von Strommarken bei Einwirkung von Elektrizität im Wasser.
in: D.Z.gerichtl.Med. 49, 218 (1959)
71. Schwerd, W. und Lautenbach, L.: Mord mit elektrischem Strom in der Badewanne.
in: Arch.Krim. 126, 33 (1960)
72. Sellier, K.: Untersuchungen an Strommarken in Abhängigkeit von der Stromstärke und der Wirkungsdauer.
in: D.Z.gerichtl.Med. 57, 161-165 (1966)
73. Somogyi, et al.: Polarisationsoptische Untersuchungen der elektrischen Strommarke.
in: D.Z.gerichtl.Med. 57, 431-438 (1966)
74. Wussow, W.: AUB - Allgemeine Versicherungsbedingungen für Unfallversicherung, 2.Aufl. (1964)
75. Zeman, W.: Elektrische Schädigungen und Veränderungen durch ionisierende Strahlen.
in: Handbuch der spez. path. Anatomie und Histologie, III. Teil, Bd. XIII, 327-340 (1955)

Für die Überlassung des Themas und die Förderung
während der Arbeit möchte ich Herrn Professor
Dr. med. Walter Krauland an dieser Stelle herzlich
danken.

Lebenslauf

Am 16.2.1940 wurde ich in Hirschberg (Schlesien) geboren als Tochter des Dr. Albrecht Dieterich, Dozent an der Pädagogischen Hochschule, und seiner Ehefrau Carola Dieterich geb. Zimmer.

Nach der Flucht 1945 wohnten wir zunächst in Sinsheim, wo ich von 1946-50 die Volksschule und von 1950-52 die Oberschule besuchte.

1952 zogen wir nach Heidelberg, dort legte ich 1959 die Reifeprüfung am Hölderlin-Gymnasium ab.

Nach der Ausbildung zur Volksschullehrerin an der Pädagogischen Hochschule in Heidelberg begann ich 1963 Medizin zu studieren.

1964 bestand ich in Heidelberg die naturwissenschaftliche, 1965 die ärztliche Vorprüfung. Seit dem 3. klinischen Semester studierte ich in Berlin, wo ich 1969 das Studium mit dem Staatsexamen abschloß.

Während meiner Medizinalassistenten-Zeit arbeitete ich in Berlin im Institut für gerichtliche und soziale Medizin, in der chirurgischen Abteilung des Krankenhauses Moabit und in der Medizinischen Klinik des Krankenhauses Westend.

Zur Zeit suche ich eine Assistentenstelle.

Seit Mai 1969 bin ich mit dem Studienreferendar Gert Pack verheiratet.

